Nebelfrostablagerungen auf europäischen Bergen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

genehmigt von der

Philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Berlin

von

Heinz Prestin

aus Schwerin i. M

Tag der mündlichen Prüfung: 6. Juni 1935.

Tag der Promotion: 11. Dezember 1935.

Buch- und Kunstdruckerei Wilh. Postberg, Bottrop i. W.

1935

467

Referenten:

Prof. Dr. H. von Ficker

Prof. Dr. A. Defant

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern
zur Silberhochzeit!

Inhaltsverzeichnis.

Seite

1. Teil.

I. Geschichtlicher Überblick 1
II. Definitionen und Entstehung von Rauhreif und Rauhfrost . . 3
III. Abhängigkeit der Nebelfrostablagerungen von meteorologischen Faktoren 7
a) Temperatur 7
b) Wind und Nebel 8
IV. Nebelfrost als Niederschlag 13
V. Über die Verbreitung des Nebelfrostes auf der Erde 16

2. Teil.

I. Ziel und Methode der Arbeit 17
II. Untersuchungen der Nebelfrostablagerungen auf dem Brocken und der Schneekoppe 19
a) Die Stärke des Nebelfrostes auf dem Brocken 19
b) Mittlere Zahl der Tage mit Ablagerungen auf beid. Bergen 25
c) Die Nebelhäufigkeit und Bewölkung bei den Ablagerungen 28
d) Die Temperatur bei den Ablagerungen 33
e) Letztes und erstes Auftreten von Rauhfrost vor bezw. nach dem Sommer 46
f) Windrichtung und -stärke 48
g) Typen von Wetterlagen bei Ablagerungen auf dem Brocken und der Schneekoppe 55
h) Nebelfrostablagerungen in den Talstationen und die Beziehung der meteorologischen Faktoren zwischen Berg- und Talbeobachtungen 62
III. Untersuchungen von Nebelfrostablagerungen auf dem Hohenpeißenberg und der Zugspitze 69
a) Nebelfroststudien auf dem Hohenpeißenberg 69
b) Nebelfroststudien auf der Zugspitze 74
IV. Nebelfrostuntersuchungen auf dem Sonnblick 82
V. Das Ben Nevis-Observatorium in Schottland 87
VI. Wetterlagen bei Nebelfrostablagerungen auf 10 europ. Bergen 90
VII. Zunahme der Rauhfrosttage mit der Höhe 94

Literaturverzeichnis 98

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550822_0232

I. Geschichtlicher Überblick.

Hinsichtlich der Benennung bestimmter Hydrometeore herrschte, besonders in Bezug auf diejenigen, die sich direkt aus der Luft bilden, bis vor nicht allzu langer Zeit eine gewisse Unklarheit. Man bezeichnete bestimmte Ablagerungen, die unter denselben meteorologischen Bedingungen, aber an verschiedenen Orten entstanden waren, mit anderen Namen. Hellmann[1]) unterscheidet in seinem „System der Hydrometeore" drei Kondensationsarten des Wasserdampfes, nämlich:

„1. Direkte Kondensationen des Wasserdampfes auf oder in der Nähe der Erdoberfläche,
2. Direkte Kondensationen des Wasserdampfes in der freien Atmosphäre und
3. Indirekte Kondensationen des Wasserdampfes in der freien Atmosphäre."

Er unterscheidet Ablagerungen in flüssiger und fester Form und benennt die einzelnen Arten auf folgende Weise:

1. flüssig (Beschlag, Tau, Nebelwasser, Nebeltau, Nebelreißen, Nebeltraufe und Regen ohne Wolken); fest (Frostbeschlag, Reif, Nebeleis, Eisnebel, Rauhreif, Rauheis und Schnee ohne Wolken);
2. flüssig (Wasserwolken); fest (Eiswolken);
3. flüssig (Regen); fest (Schnee, Graupeln, Hagel, Eiskörner und Glatteis).

Hier interessieren von den direkten Kondensationen des Wasserdampfes an oder in der Nähe der Erdoberfläche diejenigen in fester Form, die man als Nebelfrostablagerungen bezeichnet.

Wie nannte man diese Erscheinungen im 19. Jahrhundert und welchen Wandel haben sie bezüglich der Terminologie durchgemacht? Am besten wird diese Frage durch zwei Beispiele der Literatur erläutert. Wilhelm[2]) schilderte bereits am 17. 12. 1866 diese Erscheinung, indem er schreibt: „Infolge der starken Nebel, die seit dem 17. Februar herrschten, überzogen

[1]) No. 15.

[2]) No. 42.

sich Bäume, Sträucher und Zäune mit dichtem Rauhreif. Ihre Massen übten einen bemerkenswerten Druck auf Äste und Zweige aus". Einige Jahre später beschreibt Reimann[3]) die Wirkungen des Rauhfrostes: „Am 20. 9. 1888 bildete sich bei plötzlich sinkender Temperatur und starkem Nordweststurm im Riesengebirge Rauhfrost. Die Telegraphenleitung war mit solchen Eislasten überzogen, daß der Draht zerriß. Am 11. Juni 1887 hatte sich ebenfalls bei Nebel, Nordweststurm und + 2° Rauhfrost gebildet". Schon daraus erkennt man, daß bei gleichen meteorologischen Voraussetzungen dieselbe Art der Ablagerungen verschiedene Bezeichnungen hatte. „Der Begriff", so sagt Hilding Köhler[4]), „Rauhfrost-Rauhreif war sehr unbestimmt". Die älteren Definitionen sagen aus, daß Rauhfrost-Rauhreif die Erscheinung ist, die wir heute Reif nennen, und die dann eintritt, wenn auf eine lange Frostperiode plötzlich Tauwetter folgt. Der in der Luft enthaltene Wasserdampf kondensiert und gefriert an den noch unter 0° erkalteten Gegenständen. Köhler führt weiter aus, daß man von den Nebelfrostablagerungen auf Bergen zu der oben genannten Zeit nichts erwähnte. Als man diesem nach und nach mehr Beachtung schenkte, wurde der Unterschied zwischen Rauhfrost und Reif klar herausgearbeitet. Seit 1888 besteht für diese bestimmte Form der Ablagerung durch Köppen die Bezeichnung „Rauhfrost". Bei Hann findet man hierfür Namen wie Anreim und Duft (givre, silberthaw). Angot, Hamberg und andere haben ebenfalls den Namen eindeutig beibehalten. O. V. Johannson gab 1905 noch einmal eine klare Definition des Rauhfrostes und seitdem ist die Bezeichnung allgemein gebräuchlich.

Durch mikroskopische Untersuchungen R. Aßmann's auf dem Brocken und Dobrowolski's wurde ein Unterschied in der Struktur festgelegt. Auf Grund dieser Untersuchungen führte Pernter 1905 zum Unterschied von Rauhfrost für die zweite Art die Bezeichnung Rauhreif ein. Nach ihm haben A. Wegener und G. Hellmann an dieser Erscheinung festgehalten.

Es schien notwendig zu sein, alle diese Begriffe unter einem Sammelnamen zusammenzubringen. „Die schwedische meteorologische Zentralanstalt hat," so sagt Köhler, „eine Benennung dieser Erscheinung, die gut anwendbar ist, nämlich Nebelfrost (schwedisch: dim-frost). Mit Nebelfrost sind also hier alle Ablagerungen aus Nebel gemeint, die unter den gegebenen Bedingungen entstehen. Er tritt also in drei klar voneinander trennbaren Typen auf: Rauhreif, Rauhfrost und Rauheis."

---

[3]) No. 32.

[4]) No. 26.

II. Definitionen und Entstehung von Rauhreif und Rauhfrost.

Die Aussagen der älteren Definitionen, nach denen Reif mit Rauhreif-Rauhfrost verwechselt war, haben wir bereits oben kennengelernt. Eine der ältesten Definitionen gab A. Schönrock[5]) 1888 in seiner Abhandlung: „Zur Frage der Definition des Rauhfrostes": „Tau, Reif, Rauhfrost und Glatteis sind Erscheinungen, infolge welcher der Erdboden und die Gegenstände sich mit Wasser überziehen. Der Beschlag kann flüssig, fest kristallinisch oder fest amorph sein." Jedenfalls handelt es sich um überkaltete Wassertröpfchen, die beim Aufprallen auf feste Gegenstände sofort gefrieren. In welcher Form dies geschieht und wie man die einzelnen Erscheinungen je nach Entstehungsbedingung nennt, darüber sagt Schönrock nichts aus.

Eine sehr brauchbare Definition gab schon Mohr[6]) 1864 über den Rauhfrost, wie wir sie in neuerer Zeit kaum besser finden. Er spricht zunächst von Reif und dessen Entstehung. Reif sei der Übergang von dem dampfförmigen Wasser in den festen kristallinischen Zustand ohne Trübung der Luft. „Rauhfrost ist eine ganz andere Erscheinung, die eigentlich noch nicht bestimmt erklärt war, und es ist fraglich, ob die in der Luft schwebenden, dieselbe trübe machenden Wasserteilchen, bei sehr niedrigen Temperaturen bereits gefroren oder noch flüssig seien." Bei klarem Himmel entsteht direkt über der Erdoberfläche eine Nebelschicht, der sog. Duft, der den Rauhfrost erzeugt. Dieser Duft hat nach seiner Ansicht eine Temperatur von $12^0 - 16^0$ unter Null. Wichtig erschien die Frage nach dem Aggregatzustand der kleinen Tröpfchen. Zuerst hielt er sie für gefroren und erklärte daraus die Undurchsichtigkeit der Rauhfrostkristalle. Da ihm diese Ansicht als zweifelhaft erschien, untersuchte er am 11. 2. 1864 an der Mosel einen Fall. Abends um 10 Uhr lag eine dünne Duftschicht bei -8^0 über der Erde. Am Morgen des nächsten Tages waren alle Zweige und Sträucher mit Rauhfrost behangen, nachdem die Temperatur auf -11^0 in der Nacht gesunken war. Das Eigentümliche war, daß die Teilchen nur an einer Seite der Äste saßen, und zwar an jener, die zuerst von einem kalten, ins Tal fließenden Luftstrom berührt wurde. Untersuchungen der Rauhfrostnadeln mit der Lupe zeigten, daß jene kristallinisch waren. „Sie stellten", so sagt Mohr, „Federchen vor, von denen die ersten Federblättchen mit einem Winkel von 60^0 ansaßen, daran wieder

[5]) No. 39.
[6]) No. 28.

andere angewachsen, und die Spitzen der Fiedern hatten den regelmäßigen Winkel von 120°. Daraus folgt, daß die Duftteilchen bei — 11° noch vollkommen flüssig waren, sonst hätten sie keine kristallinische Gestalt angenommen. Sie müssen also durch Berühren eines festen Körpers sogleich erstarren. Es schied sich erst Eis aus, und das flüssig gebliebene Wasser erstarrte sofort durch die Kälte der umgebenden Luft."

Gegen seine gründliche Definition ist an sich nichts einzuwenden, aber die Bezeichnung dieser Erscheinung als Rauhfrost ist nicht zutreffend. Dieser lagert sich auf den Bergstationen, wie wir später sehen werden, wohl an der Luvseite der Gegenstände ab, ist aber niemals kristallinisch, sondern amorph. Die von Mohr klar gegebene Erscheinung ist nichts anderes als der gewöhnliche Rauhreif.

Die Kaiserlich Russische Akademie erklärt 1869 in ihrer Instruktion den Rauhfrost folgendermaßen: „Folgt kaltem Wetter rasch warme und feuchte Witterung, so schlägt sich ein Teil der Wasserdämpfe auf solche Gegenstände nieder, deren Temperatur unter dem Gefrierpunkt liegt." Dies nennt man Rauhfrost. Ähnlich so lehrt es die Instruktion der Deutschen Seewarte. In der englischen [7]) heißt es: „Silver thaw is the phenomenon of a large quantity of frozen moisture on trees." Lommel [8]) betont in seinem Buch „Wind und Wetter", daß „der Körper, an welchem er sich ansetzt, nicht notwendig eine niedrigere Temperatur haben muß als die ihn umgebende Luft." In Schmidt's [9]) „Grundriß der Meteorologie" wird der Rauhfrost als reifartiger, starrer Beschlag definiert, der sich an Ecken und an rauhen Oberflächen reichlich festsetzt.

Schindler [10]) unterscheidet sogar vier Formen, in denen der Anhang auftrat, „dem Duft, bestehend aus stengelig aneinander gereihten, zarten, blendend weißen Gebilden von graupeliger, nicht kristallinischer Form, aus durchsichtigen, an ihrem unteren Ende verschmolzenen Eisnadeln, die wie Kämme den Zweigen aufsitzen, aus Glatteis und aus einer Form von Rauhfrostfedern, welche aus perlschnurförmigen Stäbchen aus Eiskugeln gebildet sind. Allen vier Formen ist ihr Wachstum gegen den Wind gemeinsam." Diese Art der unterschiedlichen Bezeichnungen scheint durchaus unklar, da man an Gegenständen, wie auch die neuen Untersu-

[7]) No. 40.
[8]) No. 27.
[9]) No. 37.
[10]) No. 35.

chungen ergaben, nur drei Arten von Hydrometeoren feststellte, nämlich Rauheis, Rauhreif und Rauhfrost.

Die Verwirrung der Benennung der verschiedenen Erscheinungen klärte R. Aßmann[11]) durch seine mikroskopischen Untersuchungen auf dem Brocken. 1885 beobachtete er, „daß bei — 10° keine Eiskristalle, sondern flüssige Wassertropfen in der Luft schwebten, sowie daß dieselben beim Auftreffen auf einen festen Körper zu Eisklümpchen ohne Andeutung kristallinischer Struktur erstarren." Die größte Menge des auf dem Brocken abgelagerten Nebelfrostes bestand aus perlschnurartigen, amorphen Bildungen. Ferner fand er, daß bei niedrigen Temperaturen (— 14° C) kristallinische Federn immer unter einem Winkel von 60° an den größeren Stämmen abgelagert wurden. So kam er zu folgenden Schlüssen: „Reif und Rauhreif sind nur verschiedene Modifikationen desselben Verdichtungsvorganges." Bis zu —10° gefrieren die unterkühlten Wassertröpfchen bei Berühren irgendeines Gegenstandes von fast derselben Temperatur und heißen Rauhfrost. Liegt diese tiefer, so tritt Sublimation ein, und die Teilchen erhalten eine kristallinische Struktur, die man Rauhreif nennt.

Durch Pernter wurde 1905 unter Zugrundelegung der Aßmannschen Theorie Klarheit geschaffen in den Definitionen des Rauheises, Rauhreifs und Rauhfrostes, die von da ab in der Literatur stets beibehalten wird. Von der Bildung des Rauhfrostes sagt er, daß dieser bei nebeligem und windigem Wetter entsteht, während sich die zarten Gebilde des kristallinischen Rauhreifs bei nebeligem, ruhigem Wetter und beträchlicher Kälte ansetzen.

Zur selben Zeit gab Johannsen[12]) zwei Definitionen über Rauhfrostbildung. Er entstände erstens bei nebligem, kaltem Wetter, wenn unterkühlte Nebeltropfen erstarren und zwar beim Aufprallen an den dem Winde ausgesetzten Gegenständen und zweitens, wenn wärmeres, feuchtes Wetter nach kaltem folgt. Nach diesem Zeitpunkt sind nun die hier interessierenden Hydrometeore von den Meteorologen klar und eindeutig definiert und je nach Entstehungsweise unterschieden.

Hann schildert den Rauhfrost als „einen reichlichen, reifartigen Beschlag an Unebenheiten des Bodens. Er ist ein Gebilde kälterer Zonen und des Winterhalbjahres daselbst." Er entsteht aus überkalteten Nebeltröpfchen, die bei einer Temperatur von

---

[11]) No. 4.

[12]) No. 21.

-10° und darunter noch flüssig sind, aber beim Anprallen an senkrecht aufragenden Gegenständen gefrieren und „lange Spieße und Federn bilden".

Das französische „Lexique météorologique" nennt den Rauhreif „einen Eisüberzug von ganz besonderem Aussehen, von blendender Helle und einem perlmutterartigen Glanz, der Gegenstände überzieht und dem Winde entgegenwächst. Die Plättchen sind voneinander getrennt und bilden kleine Eiskristalle. In Gegenden von -12° bis -15° können die unterkühlten Tropfen direkt in der Atmosphäre gefrieren. Der Wind trägt dann die so gebildeten Eisteilchen mit sich fort und bedeckt die Körper mit einem Überzug von Rauhreif." Nicht unerwähnt soll das den beiden Erscheinungsformen verwandte Rauheis bleiben. Es entsteht auf eine ähnliche Art wie der Rauhfrost, indem nämlich ebenfalls unterkühlte Tröpfchen, aber von einem beträchtlich größeren Durchmesser auf feste Gegenstände treffen und zu graulichem, undurchsichtigem Eis erstarren. Köppen meint, die Teilchen müßten so groß sein, daß sie sich ausbreiten können, bevor sie gefrieren. Wegener dagegen hält „die Temperatursteigerung beim Gefrieren für ausschlaggebend".

Zum Schluß seien noch einmal die prägnanten Definitionen über Rauhreif und Rauhfrost gegeben, wie sie uns Köhler[13]) in seinen Nebelfroststudien auf dem Pärtetjakko gibt: „Rauhreif besteht aus feinen Fädchen oder blattförmigen Bildungen, die sich im Luv an senkrecht aufragenden Gegenständen absetzen. Die Bildungen sind deutlich kristallinisch, und zuweilen können sechseckige Kristalle beobachtet werden. Er entsteht durch Sublimation, wenn die Luft in Bezug auf Eisdampf übersättigt ist. Gewöhnlich ist Nebel bei seiner Bildung vorhanden, d. h. Sublimation ist schon unter Nebelbildung eingetreten. Nebel dürfte nicht notwendig sein. Die Bedingung ist also, daß Sublimation eine größere Rolle spielt als die gefrierenden Wassertröpfchen. Wird die Anzahl der Wassertröpfchen in höherem Grade vermehrt, so bilden sich zuerst Übergangsformen und dann der Rauhfrost. Er ist von körnigem Aussehen, die Struktur ist faserig und zuweilen sind es spiegelnde Flächen. Die Bildung entsteht durch Gefrieren der Wassertröpfchen. Überkaltete Nebelteilchen müssen in der Luft immer vorkommen, wenn sich Rauhfrost bilden soll. Nebel ist daher zu seiner Bildung notwendig."

---

[13]) No. 26.

III. Abhängigkeit der Nebelfrostablagerungen von meteorologischen Faktoren.

a) Temperatur.

Bei allen Temperaturen unter 0° werden Nebelfrostablagerungen gebildet. Diese sind nicht so sehr eine Erscheinung der Ebene, sondern treten sehr charakteristisch auf Bergen auf. Letzteres trifft besonders für den Rauhfrost ein, während der Rauhreif in den Wintermonaten auch im Flachland, wenn auch nur in geringem Maße, vorkommt. Je nach der Höhe der betreffenden Bergstation ist auch die mittlere wie die Extremtemperatur bei den Ablagerungen eine andere.

Gibt es nun, so fragen wir uns, eine untere Grenze für die Bildung und das Bestehen dieser Hydrometeore? Die Antwort gab uns Aßmann, der nachgewiesen hat, wie Hann in seinem Lehrbuch schreibt, „daß Nebelfrost, wenn eine Temperatur unter — 15° herrscht, nicht mehr ganz aus Eisklümpchen besteht, sondern aus kristallinischen Gebilden. Liegt also die Temperatur so tief unter dem Gefrierpunkt, daß die Kondensation des atmosphärischen Wasserdampfes in Gestalt einer direkten Sublimation stattfindet, so ist das Produkt kristallinisch." Somit ist nach Aßmann eine klare Trennung zwischen Rauhfrost und Rauhreif gegeben. Dem durch Sublimation entstehenden Rauhreif gibt er nach unten hin keine Grenze.

Etwas Ähnliches stellte Köhler bei seinen Untersuchungen fest, indem er fand, daß sich Rauhfrost bei allen unter 0° vorkommenden Temperaturen bilde. „Bei tieferen Temperaturen ist seine Ablagerung nicht so gewöhnlich wie bei höheren." Über — 9,7° habe er Rauhreif nie beobachtet, wohl aber komme er häufig vor unter dieser Temperatur bis zu — 25,5°.

Der Rauhfrost ist bei tiefen Temperaturen spröder und leichter, weil beim Gefrieren die frei werdende Wärme für die Temperatursteigerung weniger wirkt. Hier also wird als obere Temperaturgrenze für die Rauhreifbildung ungefähr 10° unter Null angesetzt, aber für den Rauhfrost jede negative Temperatur.

Kaßner[14]) behauptet ebenfalls, Rauhfrost bilde sich bei verhältnismäßig geringerer Kälte, bei großer hingegen nur Rauhreif.

Die untere Grenze aller Nebelfrostablagerungen ist verschieden beobachtet. Mohr ermittelte sie zu — 25°, Köhler zu — 25,5° und Wegener in Grönland zu sogar — 34°.

---

[14]) No. 22.

Betrachten wir an Hand der von mir untersuchten Nebelfrostverhältnisse auf Bergstationen die mittleren und extremen Temperaturen ein wenig näher, so erhalten wir folgendes Bild. Die Mitteltemperatur der Ablagerungen auf dem Brocken beträgt — 4,1 °, während sie in den untersuchten Jahren 1920 bis 1932 zwischen + 2,2 ° und — 15,2 ° schwankt. Nicht immer ist der Gefrierpunkt die exakte obere Grenze für Nebelfrostablagerungen, nein, in einzelnen Jahren wird er nach oben hin überschritten, meistens aber nur um einzelne Zehntelgrade. Zu erklären ist diese Erscheinung nur dadurch, daß auf eine Kälteperiode plötzlich mildes Wetter einsetzt. Die wärmeren Nebelteilchen der maritimen Luft gefrieren ebenfalls an den noch unter dem Gefrierpunkt befindlichen Gegenständen und setzen sich als Rauhfrost ab.

Auf der fast 500 m höheren Schneekoppe sind die Temperaturen naturgemäß tiefer. Der Mittelwert liegt bei V-Ablagerungen bei — 6,6 °, die höchste Temperatur weist das Jahr 1921 mit + 2,4 °, die minimale liegt 1932 mit — 23,4 °. Zum Vergleich dieser beiden Berge in den deutschen Mittelgebirgen wurde der im Alpenvorland liegende Hohenpeißenberg herangezogen, dessen Mittel bei nur — 0,3 ° lag. Die Extremwerte sind hier + 2,2 ° im Jahre 1921 und — 17,5 ° 1932. Auf der Zugspietze liegen dieselben bei + 1,6 ° und — 25,3 °, auf dem Sonnblick bei + 0,2 ° und — 24,4 °.

Die Bergstationen zeigen somit ungefähr denselben Temperaturbereich an, nämlich von + 2 ° bis — 25 °. Welche Form von Hydrometeoren beobachtet wurde, ob Rauhreif oder Rauhfrost, ist aus den Publikationen nicht zu entnehmen. Daß aber beliebig tiefe Temperaturen auftreten können, ist zweifellos möglich. Der Unterschied liegt lediglich in der Struktur und dem Gefüge der Ablagerungen.

b) Wind und Nebel.

Die beiden bedeutend wichtigeren Faktoren zur Bildung von Nebelfrostablagerungen sind Wind und Nebel.

Schon vorher sprach ich von dem Unterschied der Mengen der abgelagerten Hydrometeore in der Ebene und auf Bergen. Warum ist nun die Ablagerung im Flachland so gering und wächst mit der Höhe? Das ausschlaggebende Element ist eben der Wind, der mit der Höhe an Stärke zunimmt. Je größer also die Windgeschwindigkeit ist, desto mehr unterkühlte Nebelteilchen werden pro Zeiteinheit gegen das Hindernis geschleudert. „Bei stärkeren Winden", so sagt Köhler, „ist der Wasserwert der Ablagerungen größer als bei schwächeren. Der Nebelfrost war also kompakter. Bei demselben Wassergehalt der Luft wird die

Stärke der Ablagerung bedeutender." Albrecht[15]) erklärt dies aus dem „größeren Schwung, den das Teilchen aus dem Luftstrom mitbekommt". Natürlich spielen neben dem Wind auch die Größe der Nebelteilchen und ihre Zahl eine ausschlaggebende Rolle.

Beide Bedingungen, stärkerer Wind wie Nebel, sind am besten auf Bergen erfüllt, seltener im Flachland. Nicht jedes Gebirge ist nun in reichlichem Maße mit Nebelfrostablagerungen gesegnet. Ohne Zweifel sind solche mehr bevorzugt, die im Gebiete des Seeklimas und den Hauptstraßen der Depressionen am nächsten liegen und von diesen wieder diejenigen, deren Höhe sich so ziemlich im mittleren Niveau der Winterwolken befindet.

Berge dieses letzten Typs sind der 1142 m hohe Brocken, die 1603 m hohe Schneekoppe und der in Schottland gelegene 1344 m hohe Ben Nevis. Diese Berge weisen gewaltige Nebelfrostablagerungen von ungewöhnlichen Dimensionen auf. Ohne Frage rührt diese Erscheinung von dem großen Feuchtigkeitsgehalt her, der während der Wintermonate auf den Gipfeln herrscht. Die Kuppen stecken fast immer im Nebel, d. h. in den ziemlich tief hängenden Winterwolken. Dies ist schon aus dem hohen Feuchtigkeitsgehalt zu sehen, der während der von mir untersuchten Jahre auf den Bergen herrschte. Auf dem Brocken hatten während dieser Zeit im Mittel 92 % aller Tage mit Ablagerungen 100 % relative Feuchtigkeit, auf der Schneekoppe sogar 95 % der Tage. Die Luft war also meistenteils gesättigt. Die günstigste Lage und Höhe für starke Rauhfrostbildungen hat wohl der Brokken, dem man daher auch den Namen „König des Rauhreifs" gegeben hat.

Die Alpenberge weisen trotz ihrer größeren Höhen nicht annähernd die Mengen von Ablagerungen auf wie die obigen drei. Einmal ist ihre Lage bedeutend kontinentaler und zum andern ragen ihre Gipfel in Regionen, die ärmer an Wasserdampf sind. Hier denke ich an Berge wie Säntis, Sonnblick und Zugspitze. Letztere bildet aber eine gewisse Ausnahme, wie wir später sehen werden.

Ist nun die Richtung des Windes auch ausschlaggebend auf die Stärke der Ablagerungen? In gewisser Weise muß dieser Frage eine bejahende Antwort zukommen. Starke oder überhaupt Ablagerungen sind doch schließlich an den Luftstrom gebunden, der maritime Luftmassen mit sich führt. Bei jedem Berg kann man von mehreren Hauptwindrichtungen sprechen, bei denen diese Erscheinungen auftreten. Der Brocken, als bestes Beispiel von Nebelfrostablagerungen, weist drei markante Richtungen auf, den SW-, W- und NNW-Wind, die Schneekoppe dagegen Winde aus N, SW und NW, der Säntis bevorzugt den WSW-Wind und

[15]) No. 1.

die in Bosnien nahe Serajewo gelegene 2067 m hohe Bjelašnica, die ebenfalls durch ihre immensen Ablagerungen bekannt ist, hat zwei Hauptrichtungen, den S- und N-Wind.

Eine innerhalb kurzer Zeit erfolgte Winddrehung wirkt sich sehr nachteilig auf die erfolgte Bildung aus, indem sie besonders das lockere Gefüge derselben abbricht.

Zusammenfassend kann also mit den Worten Köhlers über die Länge der Bildungen gesagt werden, daß sie „auf der Windgeschwindigkeit und auf dem Wassergehalt der Nebel beruht."

Interessant wäre noch zu erwähnen, wie der Wind die Nebelteilchen an den senkrechten Hindernissen absetzt und welche Formen der Ablagerungen dabei entstehen. Das wichtigste ist zunächst einmal, daß die Tropfen sich im Luv der Körper ansetzen und so gewissermaßen in den Wind hineinwachsen. Anzunehmen wäre demnach, daß die Leeseite völlig frei von Ablagerungen sei, was sich aber durch Untersuchungen von Aßmann und Schönrock[16]) als falsch erwiesen hat. Letzterer veranschaulicht uns in einem Querschnitt (Fig. 1) die Rauhfrostbildungen

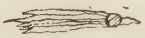


Fig. 1.

an einem Ast. „Auf der Luvseite", so sagt Schönrock, „sitzt ein schneeiges Prisma, das dem Wind entgegenwächst, an der Leeseite ein kleineres, das entweder nach Art einer Windfahne fortbewegt oder durch die Luftwirbel der Leeseite angeweht ist."

Aßmann hat sich eingehend mit dem Studium der Ablagerungsformen bei Nebelfrostablagerungen befaßt und zu diesem Zweck auf dem Brocken mikroskopische Untersuchungen vorgenommen. Er verwandte ein Wollhaar, das im Luftstrom aufgespannt war. Nach kurzer Zeit hatte es das Aussehen, wie es Fig. 2 in einer Vergrößerung zeigt. Im Luv haben wir das

Fig. 2.

bekannte Bild, wie sich die Teilchen fadenförmig und perlschnurartig aneinanderlegen. „Nur die wurden zu Eis, die sich in direkter Berührung schon vorhandener Tröpfchen befanden. Die zwischen die Eisfäden fallenden verdunsteten, sodaß keine Ver-

[16]) No. 38.

dichtung der Kämme auftrat." Es scheint so, als würden die neu ankommenden Tropfen von den vorhandenen Kämmen angezogen. Die einzelnen Fäden sind scharf voneinander getrennt. „Mehrere Fäden treten zu einem löffelartigen Gebilde zusammen, mit schmälerer, rundlicher Basis sitzt dasselbe an dem Gegenstande fest." Jede kleine Ablenkung der Windrichtung kann ohne weiteres aus der Form der perlschnurartigen Gebilde festgestellt werden oder umgekehrt mit den Worten Aßmanns gesagt: „Jede Feder ist in Form und Richtung eine untrügliche Registrierung der ihr Entstehen veranlassenden Luftströmung." Von den Ablagerungen im Lee spricht er nicht, aber Köhler gibt uns ein Bild dieser Erscheinungsform. Sie haben ein ganz anderes Aussehen als die Hauptmassen des Rauhfrostes im Luv. „Sie sind unbedeutend, haben ein kristallinisches Aussehen, sind leichter, setzen sich in Bildungen von Blättchen und Fäden ab, sind rauhreifähnlicher." An Gegenständen mit großem Durchmesser treten im Lee keinerlei Ablagerungen auf.

Wesentlich wichtiger sind die Rauhfrostbildungen an Gegenständen, wie sie die Natur bietet, z. B. an Zweigen und Ästen. Die Bildungen entsprechen vollkommen den Strömungslinien an den betreffenden Objekten. Aßmann zeigt uns z. B. in vier Stadien die Formen der Nebelfrostmassen an einem Telephonmast, die uns Fig. 3 wiedergibt. In a werden die Stromlinien

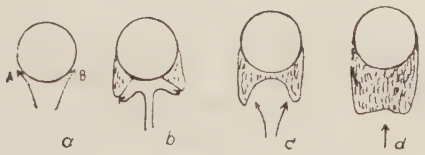


Fig. 3.

nach den aerodynamischen Gesetzen je nach der Form des Körpers um denselben abgelenkt. Dadurch tritt naturgemäß ein Zusammendrängen derselben an den Stellen A und B auf. Gerade hier werden zuerst und die meisten Teilchen an dem Gegenstand abgelagert, wie es in b deutlich erkennbar ist. Somit wachsen zwei Gebilde vom Körper gegen den Wind (c), die schließlich miteinander verwachsend die Figur d ergeben. Alle Ablagerungen an Körpern mit kreisförmigem Querschnitt erscheinen dem Beobachter von vorne als konkav.

F. Albrecht[17]) stellte ebenfalls Untersuchungen über Ablagerungsform und die Abhängigkeit der Menge vom Durchmesser der Körper auf dem Sonnblick fest. Er spannte mehrere Drähte von verschiedenem Durchmesser (0,5—6,0 mm) in einen

[17]) No. 1.

Rahmen im Abstand von 5 cm. Die Theorie der Gesetze über die Strömungen besagt, daß „die Tröpfchenablagerung aus dem Nebel von der Stärke des Ablagerungszylinders abhängt. Je größer sein Durchmesser, um so weiter vor dem Gegenstand werden die Stromlinien der Luft zum Auseinanderweichen gezwungen, um so größer wird die Luftschicht mit anderer Strömungsrichtung, die ein vor dem Luftstrom auf den Zylinder zugewehtes Nebelteilchen zu durchschlagen hat, bevor es seine Oberfläche erreicht. An großen Körpern werden sich also verhältnismäßig weniger Tropfen ablagern als an kleinen. Außer vom Zylinderdurchmesser hängt die Ablagerung von der Windgeschwindigkeit und Tröpfchengröße ab." Diese Theorie gilt exakt für die Versuche in der Natur, wie die Messungsreihe erkennen läßt. Die schematische Darstellung ist in Fig. 4 wiedergegeben.

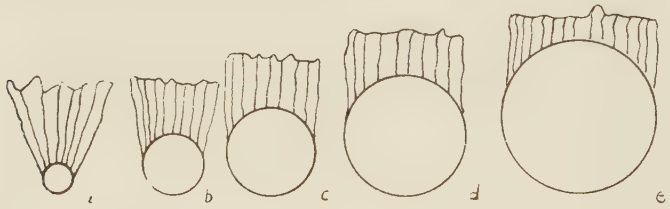


Fig. 4.

Man erkennt also deutlich eine Abnahme der Stärke der Ablagerungen mit wachsendem Durchmesser der Gegenstände. Die übermäßig große Zunahme des Rauhfrostes bei dem dünnen Draht in a erklärt sich aus der Erscheinung, daß „infolge der Schwankung der Windrichtung um den mittleren Wert" die Ablagerung in seitlicher Ausdehnung zunimmt.

Mathematisch festgelegt und durch Versuche bestätigt wurden Wachstum und Strömungslinien der Nebelfrotsablagerungen von A. Röstad[18]) auf dem Halde-Observatorium in Norwegen. Die Abhängigkeitsformel zwischen abgelagerter Menge und Windgeschwindigkeit lautet nach ihm:

$$m = \int_{t_1}^{t_2} \varepsilon \cdot q \cdot \triangle f \cdot v \cdot \delta t,$$

wo m die Menge, ε das „Verhältnis zwischen der aus einer Volumeinheit der Luft abgelagerten Eismenge und der im selben Luftvolumen enthaltenen Wassermenge ist, abhängig von Turbulenz", q die in einer Volumeinheit Luft enthaltene Menge kondensierten Wassers, Δ f ein zur Windrichtung senkrechtes Flächenelement, v die Windgeschwindigkeit und t die Zeit ist.

[18]) No. 33.

Man kann aus der Art des Wachsens auf die Turbulenz der Luft schließen. Betrachten wir einmal das Ende eines Eisfadens in Vergrößerung, in Fig. 5 dargestellt, wie es von den Stromlinien

Fig. 5.

umflossen wird. An den Stellen, wo diese Luft auf den Faden trifft, gibt sie ihren Gehalt an kondensiertem Wasser restlos ab und umfließt denselben. Somit verhindert sie neuer, an Nebelteilchen reicher Luft den Zutritt. Bei laminarer Strömung wächst also die Ablagerung geradlinig dem Winde entgegen. Bei Turbulenz dagegen „verteilen sich diese Stellen schwankend über das Ende des Fädchens. Es tritt ein von der Turbulenz abhängiges Längendefizit auf. Starke Turbulenz verzögert das Wachsen in der Mitte und fördert es an den Seiten. So entstehen kurze, dicke Ablagerungen als Kennzeichen starker Turbulenz." Exakte Rückschlüsse von den Rauhfrostformen auf die bei den Ablagerungen herrschenden Winde lassen sich unmöglich machen, auch schon deswegen nicht, weil bei leichter Winddrehung die zarten Gebilde abgebrochen werden. Man erhält hingegen rohe Angaben über die Hauptwindrichtung und kann aus der Struktur der Bildung, ob locker oder fest, auch auf die ungefähre Stärke derselben schließen.

IV. Nebelfrost als Niederschlag.

Die Frage, ob diese gewaltigen Mengen von Nebelfrostablagerungen auf Bergen die Niederschlagshöhe dort mehr oder weniger beeinflussen, ist durchaus nicht unberechtigt. Ich werde versuchen, an Hand von Angaben und Beobachtungen einmal die maximalsten Dimensionen solcher Gebilde zu beschreiben. Von vornherein ist ja klar, daß diese nur auf Bergen mit Seeklima und solchen, die den Bahnen der Depressionen naheliegen, am häufigsten und stärksten vorkommen. R. Aßmann[19]) erwähnt vom Brocken, daß dort die Ablagerungen an den Telegraphenpfählen 1904 die phantastische Länge von 2,90 m angenommen hätten. Im Jahre 1885 schildert er diese Erscheinung mit folgenden Worten: „Die Telegraphenstangen waren zu Eissäulen von

[19]) No. 2.

3 m Durchmesser geworden, die auf dem Turm befestigten Stangen trugen Eisklötze von 4 m Länge, 2,50 m Höhe und 2 m Dicke." „Unter sehr günstigen Bedingungen", so schreibt das französische Nachschlagewerk, „können die Rauhreifkristalle um 51 mm in der Stunde wachsen". An der gleichen Stelle finden wir Angaben über die dimensionalen Rauhfrostbildungen in den Pyrenäen. In 2 von N nach S verlaufenden Becken beträgt die Menge in Litern pro Sekunde und qkm zwischen 21 und 41. „Hier ergaben die Nebelfrostablagerungen mehr Wasser als der eigentliche Regen." Auf der schon vorher erwähnten, in Bosnien gelegenen Bjelašnica beobachtete C. Kaßner[20]) am 20. Februar 1902 Rauhreif in einer Maximallänge von 2,80 m. Die Bildungsdauer betrug 3 Tage bei schwachen Südwinden und einer Mitteltemperatur von — 3°. Bührer[21]) maß am 28. 12. 1892 die Menge des Rauhfrostes und fand auf 1 qm 4 800 g Rauhfrost. Einige der Maximallängen auf dem Brocken in den Jahren 1920 bis 1932 seien erwähnt. Am 18. April 1922 wurden 44 cm gemessen, nachdem am Abend des Vortages kein Rauhfrost vorhanden war. Im selben Jahre finden wir am 20. 11. 38 cm und am 31. 12. 36 cm. Vom 12. bis 16. 1. 1927 sind Tage mit starken Ablagerungen. Täglich maß man 23, 26, 37 und am letzten Tage sogar 40 cm. Erwähnt sei schon hier, daß nach jeder Messung der Rauhfrost entfernt wurde und sich also von neuem ansetzen mußte. Von noch größeren Dimensionen sind hingegen die Bildungen auf der Zugspitze. Erwähnen möchte ich nur die stärksten, wie sie z. B. in der Zeit vom 11. bis 14. Januar 1922 mit täglich 50 cm auftreten. Diese Länge findet man öfter erwähnt, aber selten hintereinander. Die Maximalablagerung hatte am 21. November 1922 eine Länge von 60 cm. Somit erklärt es sich, daß man auf Grund solch ungeheurer Mengen Nebelfrost, die der Luft entzogen wurden, dahin kam, dieselben umzurechnen auf Millimeter wässerigen Niederschlags. Man ging also so vor, daß man den Anhang von den Gegenständen abkratzte, ihn aufschmolz und dann umrechnete auf mm Niederschlag. Köhler war es wiederum, der diese Rechnung auf dem Pårtetjåkko an 4 Kugeln, die in verschiedenen Höhen über dem Boden angebracht waren, durchführte. Er errechnete für jede Kugel die Menge an Nebelfrost in ccm Wasser mit 65,1; 132,4; 72,5 und 118,7 ccm pro Messung. Für die eine Kugel mit 20 cm Durchmesser, also einer Fläche von

---

[20]) No. 25.

[21]) No. 9.

100 ü — man kann nämlich die Kugel ruhig als Scheibe betrachten — erhielt er einen jährlichen Niederschlag von 725 mm, einen für Gebirge relativ kleinen Wert, der aber dennoch nicht außer Acht gelassen werden darf. „Auf horizontalen Flächen ist die Ablagerung geringer. Sie kommt indessen dank Unebenheiten des Bodens auch hier vor." Durch Versuche wurde gezeigt, daß die Ablagerung am Boden nur ein Drittel von derjenigen in einem Meter Höhe beträgt. Also werden sie kaum 260 mm im Jahr übersteigen. Hellmann[22]) rechnete ebenfalls für die Schneekoppe die Ablagerungen auf mm Niederschlag um. Er entfernte täglich die Ablagerung von dem 36 cm hohen zylindrischen Mantel des Regenmessers und reduzierte diese auf die Auffangfläche desselben. Damit erhielt er für das Jahr 1881 eine Vergleichsmöglichkeit zwischen diesem und dem wahren Niederschlag, wie ihn die Tabelle 1 zeigt.

Tabelle 1.

7.—31.	Januar	Februar	März	April	Mai	Novemb.	Dezemb.
Rauhreif	18.3	19.6	24.4	9.6	5.0	1.2	6.3
Niederschlag	33.9	64.8	98.9	31.6	101.9	40.3	35.1

Die Summe beträgt bei Rauhreif 84.4, bzw. bei Regen 406,5. Die Nebelfrostablagerung macht also 21 % des Niederschlages in denselben Monaten aus. Diese Menge kann man aber unmöglich zur ermittelten Niederschlagsmenge addieren, da „durch Abkratzen die Neubildung gefördert und mehr Eis gewonnen wird, als wenn die Ablagerung dran bliebe. Der Hauptgrund ist aber der, daß sich die starken Rauhreifbildungen auf Gipfeln nur an senkrechten, von Menschenhand gebildeten Gegenständen absetzen und somit die Feuchtigkeit den Wolken entziehen." Der einzige natürliche Zuwachs für Erhöhung der Niederschlagsmenge ist die Ablagerung in den Bergwäldern. Da aber die Grenze des Waldes bei ca. 1000 m liegt, kann man sich vorstellen, welch minimale Menge Nebelfrost den Wolken auf hohen Gipfeln entzogen wird. Die Bildung an den kahlen Bergkuppen, an Felsen oder auf dem Schnee ist zwar vorhanden, aber in Bezug auf die jährliche Niederschlagsmenge ist sie fast bedeutungslos. In der Ebene, in der die Erscheinung im Jahre 2—10 mal auftritt, ist diese Menge kaum meßbar und noch viel weniger zum jährlichen Niederschlag hinzuzufügen.

[22]) No. 15.

V. Über die Verbreitung des Nebelfrostes auf der Erde.

Wegen mangelnder Beobachtungen lassen sich über die Verteilung des Rauhfrostes über die Erde nur spärliche und ungenaue Angaben machen. Ich halte mich hier an die Darstellung, die Hellmann[23]) „in der Verbreitung der Hydrometeore auf der Erde" gab. Viele Stationen haben zwar die Beobachtungen gemacht, sie aber nicht veröffentlicht. Nur das Königreich Sachsen hat einmal unter Schreiber fünfjährige Mittel gebildet. Im allgemeinen kann man sagen, daß in mittleren geographischen Breiten im Flachland die Erscheinung 2—10 mal jährlich auftritt. Bergstationen bilden ja eine Ausnahme und haben bekanntlich in den Wintermonaten fast tägliche und sehr ergiebige Ablagerungen. Die Rauhfrostbildung im Polargebiet scheint nach Hellmann sehr ungewiß zu sein, da einige Expeditionen die Bildungen erwähnen, andere wieder nicht. „Von der belgisch-antarktischen Expedition, auf der Dobrowolski die Formen des Rauhreifs eingehend untersuchte, wurden 182 Rauhreiftage und 261 Nebeltage verzeichnet. Barkow gibt fürs Weddellmeer 53 Tage mit Rauhreif an, der sich manchmal sogar ohne Nebel bildete. Es scheint, als ob im Randgebiet der Westantarktis Rauhreif besonders häufig vorkommt, was bei der Nähe der Ozeane und der nahezu dampfgesättigten Luft verständlich ist." Für die Ausdehnung nach Süden hin lag nur Material über die Beobachtungen in Spanien vor. Im nördlichen Teil dieses Landes sind Rauhfrosterscheinungen verhältnismäßig häufig, wie aus den Jahrgängen des „Resúmen" 1916—1921 zu ersehen ist. Sie treten danach noch 3—8 mal jährlich auf. Südlich des 40. Grades n. Br. wurden sie dagegen nur noch einmal beobachtet und zwar in dem 1100 m hoch gelegenen Grazalema und ebenfalls in der spanischen Besitzung Melilla an der Küste von Marokko. Der südlichste Punkt des Vorkommens überhaupt ist die 2367 m hoch gelegene Station Izaña am Pik von Teneriffa mit ca. 29 Rauhreiftagen im Jahr. Somit kann man also roh als ungefähre Grenzen des Vorkommens auf der Erde das Gebiet zwischen dem 30. und 80.° n. Br. annehmen. Angaben über Auftreten von Nebelfrostablagerungen auf der Südhalbkugel fehlen bis jetzt noch gänzlich.

---

[23]) No. 13.

Hauptteil.

I. Ziel und Methode der Arbeit.

Die vorliegende Arbeit behandelt die für deutsche Mittelgebirge in den Jahrbüchern aufgezeichneten Nebelfrostablagerungen und zwar für die beiden wichtigsten Berge Brocken (1142 m) und Schneekoppe (1603 m) in den Jahren 1920/32. Gerade für diese Zeit liegen in den Publikationen dreimal tägliche Beobachtungen von Rauhfrost vor. An Hand dieser Eintragungen ist die Abhängigkeit der Ablagerungen von folgenden meteorologischen Faktoren untersucht: Temperatur, Windrichtung und -stärke, Feuchtigkeit und Bewölkung. Ferner interessierten die Wetterlagen, die diese Bildungen hervorriefen. Das führte sowohl für Brocken als für Schneekoppe zum Auffinden von mehreren Haupttypen der Druckverteilung.

Alsdann wurde ein Vergleich zwischen den Nebelfrostablagerungen in den Tal- und Bergstationen von Brocken und Schneekoppe angestellt und untersucht, ob Ähnlichkeiten in den meteorologischen Elementen bei deren Entstehung beständen. Am meisten interessierten immer die Häufigkeit und das mittlere Auftreten solcher Erscheinungen. Deshalb griff ich auf zwei Bergstationen in Süddeutschland über, um auch hier die Verhältnisse zu prüfen. Es handelt sich um den 994 m hohen Peißenberg im Alpenvorland und die 2974 m hohe Zugspitze. Für letztere wurden nur zwei Jahre von den 13 Jahrgängen untersucht, die am charakteristischsten erschienen, nämlich 1922 und 1931. Als weitere Bergstation bearbeitete ich den 3106 m hohen Sonnblick in den Hohentauern, für den ebenfalls in dem Zeitraum 1920 bis 1932 dreimal tägliche Beobachtungen von Nebelfrost vorlagen. Leider fehlten diese auf dem weiter östlich liegenden Obir. Anschließend werde ich die meteorologischen Bedingungen zur Rauhfrostbildung auf dem Ben Nevis-Observatorium in Schottland behandeln, da dieser Berg wegen seiner nahen und günstigen Lage zu den Depressionsbahnen in der Literatur häufig in Verbindung mit dem Brocken genannt wird. Leider standen mir keine Veröffentlichungen dieses Bergobservatoriums für die betreffenden Jahre zur Verfügung, da dasselbe bereits seit 1891 eingegangen ist.

Als Abschluß der Arbeit versuchte ich, an Hand von Nebelfrostbildungen auf 11 europäischen Bergen Beziehungen und Abhängigkeit von Wetterlagen herzustellen. Doch konnte ich diesen Gedanken nur für das Jahr 1910 zur Durchführung bringen, da das vorhandene Material nicht ausreichte. Die hierfür in Frage kommenden Berge waren die vier deutschen: Brocken (1142 m), Schneekoppe (1603 m), Hohenpeißenberg (994 m) und Zugspitze (2964 m), in Österreich der Sonnblick (3106 m), in der Schweiz der Säntis (2500 m), in der Tschechoslowakei der Donnersberg (840 m), in Bosnien die Bjelašnica (2067 m) und die drei französischen: Puy de Dome (1467 m), Pic-du-Midi (2859 m) und Mont-Ventoux (1900 m).

Zur Bearbeitung meiner Aufgabe benutzte ich für Brocken, Schneekoppe und ihre Talstationen die Originalmonatstabellen vom „Preuß. Meteorolog. Institut" und die Veröffentlichungen der „Ergebnisse der Beobachtungen an den Stationen II. und III. Ordnung". Für die bayerischen Berge standen mir die „Beobachtungen der meteorologischen Stationen in Bayern" zur Verfügung und in den „Wiener Jahrbüchern" fand ich die Angaben über Sonnblick und Donnersberg; in den „Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt" die für den Säntis. Die Werte für die Bjelašnica standen in den „Ergebnissen der meteorologischen Beobachtungen an den Landesstationen in Bosnien, Herzegowina" und die für die drei französischen Berge in den „Annales du Bureau Central Météorologique de France".

Das Zeichen für Nebelfrost ist bekanntlich das große V. Ich stelite also zunächst für sämtliche Tage und die betreffende Eintragung der Beobachtungen die zugehörigen Werte für Lufttemperatur, Feuchtigkeit, und Windrichtung und -stärke und Bewölkung zusammen. Da aber auf dem Brocken außer der Angabe der Erscheinung Nebelfrost als solcher, wie es sonst nur bei allen allen Stationen geschieht, auch die gemessene Länge des Rauhfrostes in cm notiert wird, wurde die Untersuchung interessanter.

Für die weitere Bearbeitung des Brockenmaterials benutzte ich nicht alle Fälle, sondern nur die stärkeren Ablagerungen, die die meteorologischen Faktoren sicher am besten kennzeichnen. Daher berücksichtigte ich nur solche Rauhfrostbildungen, die um 7 Uhr 10 cm und mehr, um 14 Uhr 7 cm und mehr und um 21 Uhr 7 cm und mehr lang waren. Wesentlich schwieriger gestaltete sich die Untersuchung bei allen anderen Observatorien. Hier findet man nur allgemeine Angaben wie V^0, V^1 und V^2 und deren Kombinationen V^{0-1}, V^{1-2} und V^{0-2}, die nur ein ungefähres Bild der relativen Stärke geben. Auch die Zeit der V-Beobachtung

wird verschieden bezeichnet. Entweder gibt man sie in Stunden, wie z. B. V¹ 9½ a—2 p oder nur allgemein, wie a (vormittags), p (nachmittags) und n (nachts) an. In den letzten Fällen mußte ich die nächst frühere oder spätere Beobachtung verwenden. Die häufigste Erscheinung dieser Art war die Angabe der Zeit n—n. Hier schrieb ich die Beobachtungen des betreffenden Tages und auch noch die 7-Uhr-Meldung für den nächsten Morgen mit heraus. In den französischen und schweizerischen Publikationen steht größtenteils nur ein V, ohne irgendwelche nähere Angaben. In diesem Falle habe ich alle drei Beobachtungen von 7 Uhr, 14 Uhr und 21 Uhr bearbeitet. Die schweizerischen und französischen Annalen haben nicht diese Terminstunden, sondern die Schweizer 7 Uhr, 13 Uhr und 21 Uhr und die Franzosen 6 Uhr, 15 Uhr und 21 Uhr und für den Mont Ventoux 6, 12 und 21 Uhr.

II. Untersuchungen der Nebelfrostablagerungen auf dem Brocken und der Schneekoppe.

a) Die Stärke des V in cm auf dem Brocken.

Ganz unabhängig von den meteorologischen Faktoren sind zunächst die Mengen der Ablagerungen, ihr täglicher und jährlicher Gang auf dem Brocken behandelt. Die Erscheinung des Rauhfrostes wurde auf dem 11,3 m hohen Turm des Observatoriums beobachtet und zwar an einer kleinen Stange, die senkrecht an der Thermometerhütte angebracht ist. Zu den üblichen Terminbeobachtungen wurde auch die Länge des gebildeten Nebelfrostes mit einem Metermaß gemessen und dann vom Beobachter durch Abkratzen entfernt. Damit wird aber das natürliche Wachstum der Ablagerungen verhindert, und man erhält somit übernatürliche Längen des gebildeten Rauhfrostes. Dieses gestattet jedoch einen vorteilhaften Rückschluß auf die in der Zwischenzeit wirksamen Faktoren, wie Windstärke und Tröpfchengröße und -zahl. Die Tagessumme der drei Beobachtungen gibt also zu hohe Werte im Verhältnis zu den Längen der Bildungen an anderen Gegenständen. An den Längen der monatlichen Ablagerungen erkennt man sehr gut den jährlichen Gang, wie ihn auch die Jahreszeiten an den Temperaturen vorschreiben (siehe Fig. 6), nämlich ein Sinken der Kurve vom Winter zum Sommer und in Ansteigen derselben vom Herbst bis zum Dezember. Die Figur zeigt die mittleren Längen der Ablagerungen in cm, die täglich in jedem Monat der Jahre 1920/32 gebildet wurden. Das Maximum liegt im Januar mit 7,6 cm und wird nur annähernd im Dezember mit 7,2 cm erreicht. Die Kurve sinkt zum Sommer

ziemlich gleichmäßig ab. Der April hat immer noch 3,7 cm tägliche Rauhfrostbildung. Sogar im Juni sind noch 0,45 cm im Mittel zu verzeichnen. In den beiden Sommermonaten fehlen naturgemäß die Erscheinungen und setzen erst im September mit 0,1 cm wieder ein. Von hier steigt die Kurve fast geradlinig zu dem schon erwähnten Wert im Dezember an.

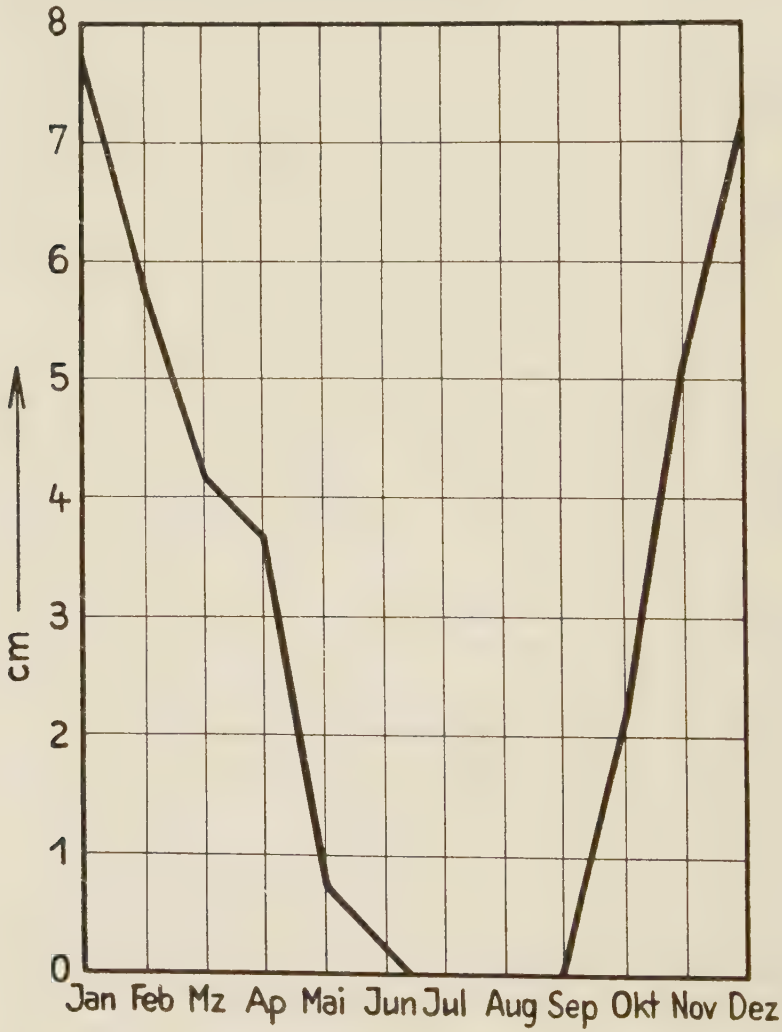


Fig. 6.

Monatliche Tagesmittel von Ablagerungen auf dem Brocken (1920—32).

Hellmann dagegen fand bei den Nebelfrostmessungen auf dem Brocken 1897—1913 folgende mittlere Tageslängen der Ablagerungen in cm:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
13,6	13,0	9,9	5,1	1,4	0,01	0,07	2,1	9,2	12,4

Diese Werte liegen also doppelt so hoch wie die der Jahre 1920/32.

Es ist durchaus nicht gesagt, daß in der warmen Jahreszeit überhaupt jegliche Ablagerungen fehlen. Im Gegenteil können diese des Nachts, wenn auch nur spärlich, auftreten, werden aber durch die ersten frühen Sonnenstrahlen sofort abgeschmolzen und sind somit nicht meßbar. Der Gang der Monatssummen der Ablagerung ist nun für alle Jahre nicht so gleichmäßig, wie ihn die Figur im Mittel zeigt, sondern schwankt in manchen sehr. Im Jahre 1922 beträgt die Februarablagerung nur 133 cm, während der März wieder 240 cm aufweist, wobei man allerdings berücksichtigen muß, daß der Februar nur 28 Tage hat. So schwer fällt aber dennoch die Erscheinung nicht ins Gewicht. 1923 wiederholt sich der Fall im Februar mit 152 gegen 253 cm im März. Dagegen überragt der Februar des Jahres 1924 mit 257 cm den Januar um 45 und den März um 184 cm in den Ablagerungen. Da gerade der Februar als einziger Monat solchen Schwankungen unterlegen ist, wird diese Erscheinung in Tabelle 2 wiedergegeben.

Tabelle 2.

Jahr	Jan.	Febr.	März
1920	232	86	138
1922	283	133	240
1923	359	152	253
1924	212	257	73
1925	201	191	221
1929	290	39	123
1930	106	205	103
1932	127	269	102

In den Herbstmonaten verläuft die Bildung wesentlich stetiger bis zum Dezember. 1922 weicht der November mit 381 cm gegenüber 158 cm im Oktober und 356 cm im Dezember etwas ab. Ebenfalls 1925 in derselben Weise. Im Jahre 1926 dagegen bleibt die Länge mit 146 cm gegen die Nachbarmonate (178 cm und 257 cm) zurück, ebenfalls 1931 mit 65 cm gegen 106 und 236 cm im Dezember, 1932 dagegen ist sie um 32 cm länger als die des Dezembers mit 115 cm.

In den einzelnen Monaten selbst treten die Ablagerungen sehr unregelmäßig auf. Man kann dauernd ein Zu- und Abnehmen der Länge beobachten, sicherlich in Zusammenhang stehend mit den vorübergehenden Depressionen. Als Beispiel sei die Zeit vom 28. 12. 1928 bis zum 6. 1. 1929 angeführt, an denen die Längen wie folgt zu- und abnehmen:

28. 12.	29.	30.	31.	1. 1.	2.	3.	4.	5.	6.
2	9	11	13	19	29	30	27	11	4 cm.

Diese Erscheinung tritt in jedem Monat, wenn auch nicht in einer so idealen Form, durchschnittlich 2—4mal auf. Als Beispiel für diese Eigentümlichkeit, und um überhaupt in einem Jahr die gebildeten Längen von Rauhfrost zu zeigen, sei in Tabelle 3 das Jahr 1929 wiedergegeben.

Tabelle 3.

Tag	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1.	18	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17
2.	14	11	13	1	18	—	—	—	—	—	—	5
3.	—	28	30	1	5	—	—	—	—	—	—	18
4.	—	6	25	10	—	—	—	—	—	—	—	5
5.	7	6	14	—	—	—	—	—	—	1	—	—
6.	24	12	8	—	—	—	—	—	—	—	4	—
7.	20	11	9	—	—	—	—	—	—	—	8	—
8.	13	10	7	—	—	—	—	—	—	3	16	—
9.	3	1	5	—	—	—	—	—	—	—	10	16
10.	16	4	6	—	—	—	—	—	—	—	8	24
11.	6	—	12	—	—	—	—	—	—	—	5	8
12.	2	2	3	—	—	—	—	—	—	1	18	10
13.	—	8	1	—	—	—	—	—	—	9	16	8
14.	—	1	2	—	—	—	—	—	—	15	7	3
15.	—	—	20	3	—	—	—	—	—	13	4	10
16.	—	5	9	5	—	—	—	—	—	8	—	4
17.	—	13	2	12	—	—	—	—	—	12	1	3
18.	—	12	4	8	—	3	—	—	—	—	4	8
19.	—	8	—	—	—	—	—	—	—	13	—	3
20.	3	2	—	10	—	—	—	—	—	3	—	5
21.	—	1	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.	—	1	4	8	—	—	—	—	—	—	8	4
23.	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	13	10
24.	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	17	6
25.	4	11	0.5	—	—	—	—	—	—	—	21	4
26.	7	9	1	1	—	—	—	—	—	—	30	8
27.	10	12	—	4	—	—	—	—	—	—	15	8
28.	25	4	20	—	—	—	—	—	—	—	7	8
29.	15	—	14	7	—	—	—	—	—	—	6	—
30.	11	—	13	5	—	—	—	—	—	—	5	—
31.	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe	201	191	220.5	75	23	3	—	—	—	78	223	196

Man erkennt zuweilen sehr gut das periodische Auftreten der Nebelfrostablagerungen, wie es sich ziemlich gleichmäßig durch alle Monate durchzieht. Besonders ausgeprägte dieser Art sind die vom 24.—30. Januar, 15.—18. April und 20.—30. November.

Bisher betrachtete ich die täglichen Längen der V-Bildungen, wie sie sich als Summe der drei Terminbeobachtungen ergaben. Im folgenden werden die einzelnen Erscheinungen gesondert behandelt. Für jeden Monat sind die drei Mittel der Längen des gebildeten Rauhfrostes um 7, 14 und 21 Uhr in den Jahren 1920/32 gebildet und in den Fig. 7 und 8 dargestellt, um die Ablagerungsmengen zu den drei Terminen besser zu veranschaulichen. Wenn man berücksichtigt, daß zwischen den drei festgesetzten Beobachtungen verschieden lange Zeiten liegen, kommt man ohne weiteres zu dem Bild in Fig. 7a. Am Tage liegen die beiden Ablesungen zwar je 7 Stunden auseinander, in der Nacht hingegen 10. Dementsprechend müßten die Tageslängen der Bildungen ziemlich gleich, die der Nacht um einiges größer sein. Dieses entspricht voll und ganz der Darstellung. Die 7-Uhr-Beobachtungen liegen bis zu 1 cm über den beiden anderen und verlaufen diesen analog. Im Mai findet man sogar noch einen halben cm gegenüber nur noch einem mm der Mittag- und Abendbeobachtung. Letztere treten im Juni nicht mehr auf, während aber die nächtliche mittlere Bildung, wenn auch nur gering, mit 0,3 cm vorhanden ist. Diese Erscheinung beruht eben auf der oben erwähnten Tatsache, daß die sommerliche Wärme die Ablagerung am Tage schmilzt. Im Herbst ist der weitere Verlauf normal. Daß die 21-Uhr-Kurve meistens über der Morgenkurve liegt, hängt ohne Zweifel mit dem Bewölkungsmaximum am Nachmittag zusammen.

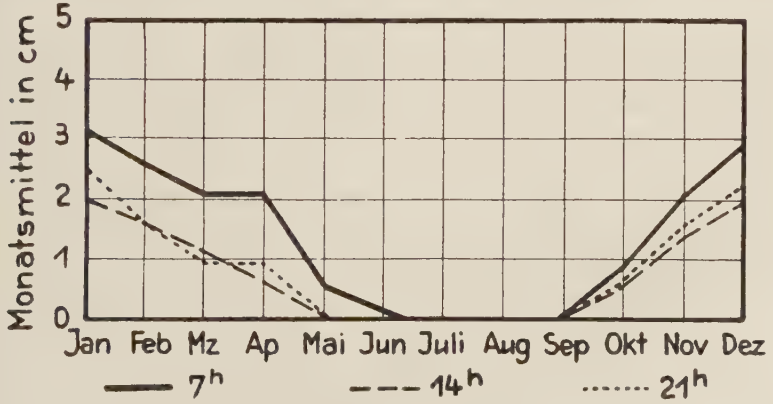


Fig. 7a.

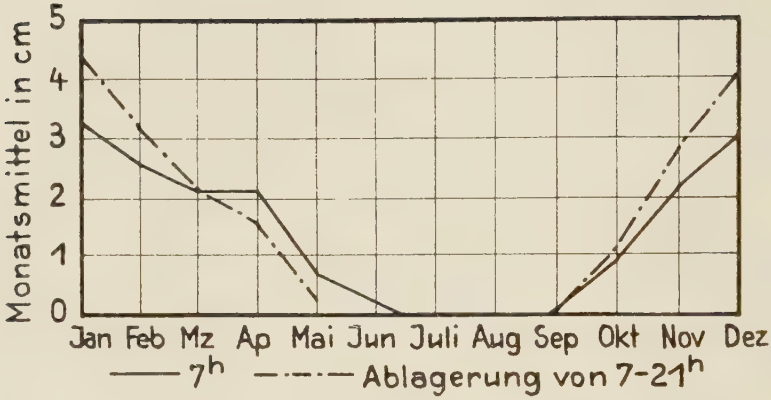


Fig. 7b.

Monatliche Tagesmittel der Terminbeobachtungen von Nebelfrostablagerungen auf dem Brocken (1920—32).

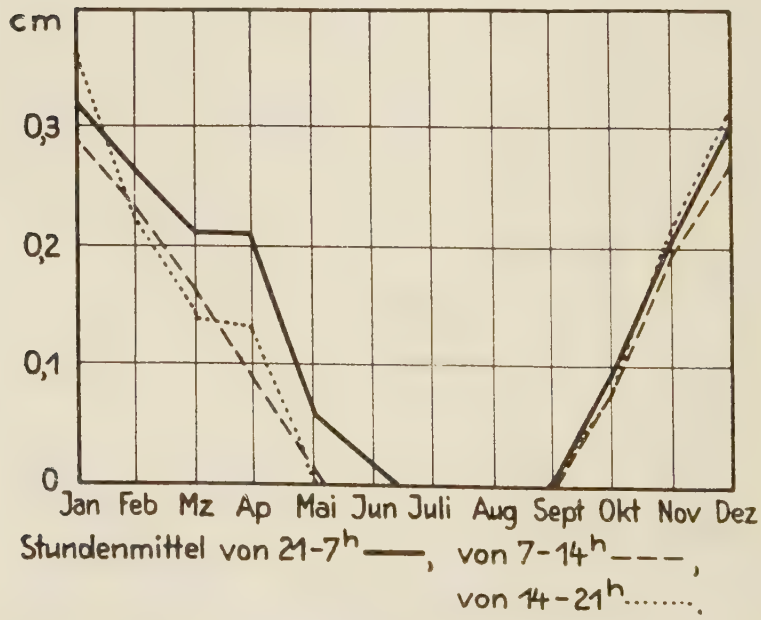


Fig. 8.

Monatliche Stundenmittel der Ablagerungen in cm.

In 7b sind die beiden Tagesablagerungen addiert und mit der 7-Uhr-Beobachtung verglichen. Man erkennt aber trotz der ungleichen Stundenverteilung von 10 in der Nacht und 14 am Tage eine immer wiederkehrende Tatsache: im Winter wird am Tage, im Sommer des Nachts mehr Nebelfrost gebildet.

Die zeitlichen Unterschiede der Ablagerungen sind in Fig. 8 beseitigt. Hier sind die Längen der monatlichen Tagesmittel von Fig. 7 durch die Anzahl der Stunden (7 bzw. 10) dividiert und damit die so erhaltenen Werte der Stundenmittel für Ablagerungen zwischen zwei Beobachtungsterminen exakt vergleichbar. Mit Ausnahme des Januar liegen die nächtlichen Stundenmittel in der ersten Jahreshälfte bis zu 0,1 cm über den beiden anderen Kurven, ja sie sind sogar noch im Juni nachzuweisen (0,02 cm pro Stunde). Das Maximum liegt im Januar mit 0,36 cm bei den Nachmittagsbildungen, die in den anderen Monaten meistenteils stärkere Dimensionen aufweisen als die am Morgen mit Ausnahme des Monats März. Diese finden im Mai mit je 0,01 cm ihren Abschluß und treten zusammen mit der nächtlichen Kurve im September wieder auf mit nur 0,05 cm. Die Ablagerungen am Vormittag haben die niedrigsten Werte, die beiden anderen unterscheiden sich kaum, nur daß die Nachmittagsbildung im Dezember das Maximum erreicht. Somit hat man ein Bild über die Ablagerungsstärke und Geschwindigkeit des Rauhfrostes auf dem Brocken, oder man kann vielleicht allgemein sagen, überhaupt bekommen.

Diese Verhältnisse für die Schneekoppe zu untersuchen, ob und inwieweit sie mit dem gefundenen Material übereinstimmen, war leider nicht möglich. Hier gab der Beobachter zu den Terminen nur an, ob die Erscheinung vorhanden und schätzt nur roh die abgelagerte Menge. Diese schrieb er als Exponenten des Rauhfrostsymbols V mit den Zahlen 0, 0—1, 1, 1—2, 2 und 0—2 in die Originaltabellen. Die drei Hauptstärken mit ihren Unterverbindungen bedeuten ungefähr folgende Längen: 0 ist nur ein Anflug von Rauhfrost mit minimalen Längen, 0—1 bedeutet eine Ablagerung bis zu 5 cm, 1 ungefähr 5 cm, 1—2 liegt zwischen 5 und 15 cm, 2 von 15 cm und länger, 0—2 eine unbestimmte Länge bis ungefähr 20 cm.

b) Mittlere Zahl der Tage mit Ablagerungen auf beiden Bergen.

Beim Studium der V-Ablagerungen auf Brocken und Schneekoppe ist es zunächst wichtig, von der Häufigkeit des Auftretens dieser Erscheinungen zu sprechen, d. h. von der mittleren Zahl der Tage. Fig. 9 zeigt diese für Brocken und Schneekoppe. Der Verlauf der beiden Kurven ist analog. Er ist charakterisiert

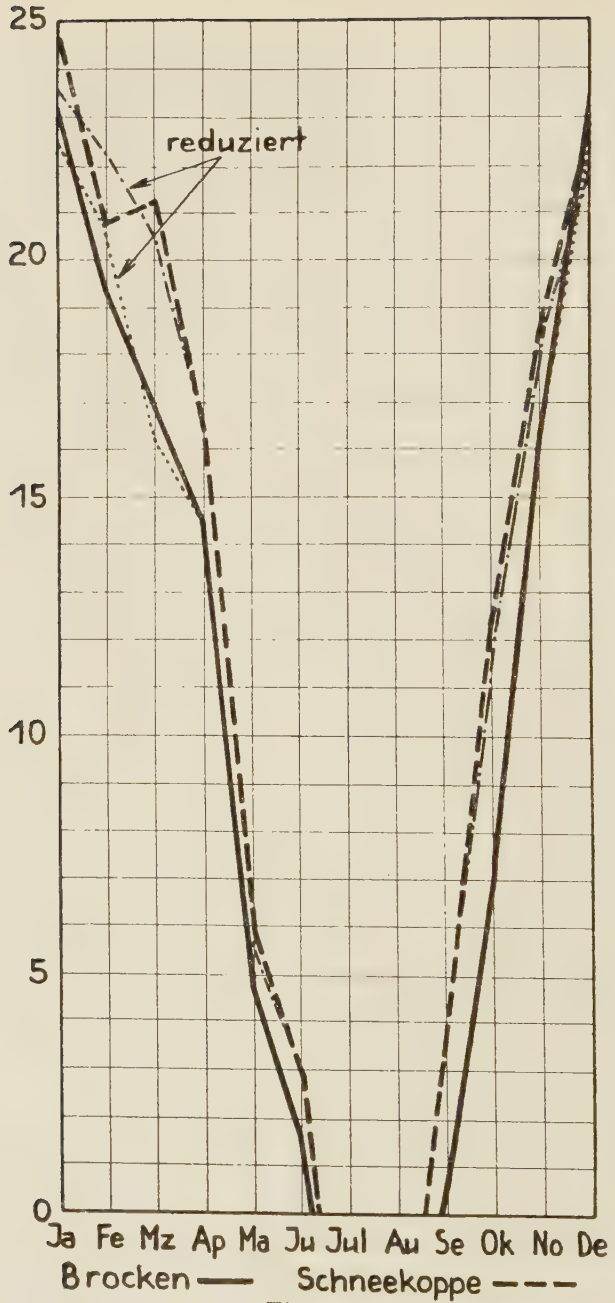


Fig. 9.

Mittlere Zahl der Tage mit Ablagerungen auf Brocken und Schneekoppe (1920—32).

durch ein stetiges Fallen von Januar bis zum Juni, ein Fehlen derselben in den Sommermonaten Juli und August und ein fast lineares Ansteigen vom September bis zum Dezember. Aus der größeren Höhe der Schneekoppe ergibt sich ohne weiteres eine Zunahme der Rauhfrosttage. Auffallend ist jedoch, daß der Brocken im Dezember häufigere V-Bildungen aufweist als die Koppe. Diese Tatsache erklärt sich aus dem Niveau der Winterwolken, das beim Brocken mit dessen Höhe ziemlich übereinstimmt. Der Gipfel ist somit im Dezember fast dauernd in Wolken gehüllt, während die Kuppe der 450 m höheren Schneekoppe häufig aus dem Wolkenmeer herausragt und somit etwas weniger begünstigt für Ablagerungen ist.

Im Winter liegt die mittlere Zahl relativ hoch. Sie beträgt für den Brocken abgerundet 23 und für die Schneekoppe 25 Tage. Maximum und Minimum der Werte liegen für den Brocken in den Jahren 1923 und 1931 mit je 30, 1930 und 1932 mit je 17 Tagen, für die Schneekoppe 1923 mit 30 und 1930 mit 15 Tagen. Schon aus dem Vergleich dieser Werte und dem Zusammenfallen auf dieselben Jahre erkennt man, welch enge Beziehungen bei den Ablagerungen auf den beiden Bergen, wie wir sie später bei den einzelnen meteorologischen Faktoren wiederfinden, bestehen. Die Zahl der Tage nimmt zum Sommer bis April (15 bzw. 17) langsamer, dann schneller ab, indem die Kurve für die Schneekoppe mit durchschnittlich mit 1—2 Tagen mehr über der des Brocken liegt. Hinsichtlich der letzten Behauptung fällt der März mit 4 Tagen Unterschied erheblich heraus. An dieser Stelle befindet sich in der Kurve für die Schneekoppe ein Sprung. Im Februar ist die Zahl kleiner als im März, was vielleicht mit der Kürze des Monats Februar in Zusammenhang gebracht werden kann. Das Maximum für den Brocken hat das Jahr 1923 mit 7 Tagen und ebenfalls die Schneekoppe im selben Jahr mit 7 Tagen. Im September hat der Brocken im Mittel einen Tag, die Koppe dagegen 4 Tage und im Dezember der Brocken 23, die Schneekoppe 22 Tage mit Rauhfrost. Führen wir eine Korrektion derart ein, daß man alles auf eine mittlere Monatslänge von 30 Tagen bezieht, dann erhält man die punktierten Kurven. Die Werte ändern sich selbstverständlich nur für die Monate mit 31 Tagen und für den Februar besonders. Die Kurve für die Schneekoppe wird somit für die ersten drei Monate des Jahres grundlegend geändert, indem der Knick herausfällt, sonst bleibt das Bild ziemlich das gleiche, auch für den Dezember. Die mittlere Gesamtzahl von Nebelfrostablagerungen im Jahr ist mithin für den Brocken mit 128 Tagen etwas niedriger als für die Schneekoppe, die 150 Tage mit Rauhfrost aufweist.

Ein ähnliches Resultat ergaben auch die Untersuchungen Hellmanns[1]), die er von 1897—1913 für den Brocken, 1902 bis 1913 für die Schneekoppe anstellte. Er fand für die durchschnittliche Zahl der Tage mit Rauhreif im Jahr für den Brocken 137 und für die Schneekoppe 146 Tage. Für die einzelnen Monate verteilt sich die mittlere Zahl der Tage, wie sie Tabelle 4 wiedergibt.

Tabelle 4.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Brocken	**23,2**	22,8	22,7	**14,5**	**5,9**	0,06	—	—	0,4	6,1	14,9	**23,8**
Schneek.	20,1	22,6	**21,0**	**16,0**	6,7	1,4	0,2	0,5	6,1	9,8	**19,2**	**22,2**

Die fett gedruckten Zahlen passen sich mit ziemlicher Genauigkeit denen der Jahre 1920—1932 an. Auffällig ist der große Unterschied der Werte vom Januar bis einschließlich März. Während dieser Zeit sind die ermittelten Zahlen für den Brocken größer als für die Schneekoppe. Ferner ersieht man aus der Tabelle, daß die Schneekoppe zuweilen auch noch im Sommer Ablagerungen aufweist. Für den Herbst stimmt meine Kurve mit den Angaben Hellmann's ziemlich überein. Für die Wintermonate hat auch er mehr V-Tage auf dem Brocken als auf der Schneekoppe ermittelt, was aus der größeren Höhe derselben zu erklären ist.

c) Die Nebelhäufigkeit und Bewölkung bei den Ablagerungen.

Die Feststellung der Tage mit Ablagerungen auf beiden Bergen steht im engen Zusammenhang mit der Nebelhäufigkeit. Schon Aßmann[2]) betont in seiner Abhandlung vom Brocken als erste Bedingung für die Bildung von Nebelfrost: „Rauhreif entsteht auf dem Brocken, wenn der Gipfel in Wolken gehüllt ist und die Temperatur unter 0° liegt". Die mittlere Zahl der Tage mit Nebel muß also ziemlich genau mit der für Nebelfrost übereinstimmen. Hertzer[3]) befaßte sich eingehend mit dieser Erscheinung auf dem Brocken und studierte die Bewölkung. Er spricht zunächst von dem jährlichen Gang derselben, der sich in einer Abnahme vom Winter zum Sommer und in einer Zunahme vom Herbst zum Winter äußert. Die Tab. 5 gibt den jährlichen Gang der mittleren täglichen Bewölkung auf dem Brocken in Stunden an:

[1]) No. 15.
[2]) No. 14.
[3]) No. 17.

Tabelle 5.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1853/82	16,7	17,2	14,6	10,2	8,0	8,4	8,1	8,9	10,0	13,8	17,4	17,7

„Für den Brockengipfel ist die Zahl der Nebeltage, d. h. solcher Tage, wo der Brocken eine Zeitlang in Wolken gehüllt ist, jährlich 271". Diese Erscheinung tritt am Abend weniger als am Morgen auf, „da der tägliche Gang der Luftwärme, die Lage des Maximums und Minimums, die Wolkenbildung in den untersten Luftschichten am meisten in den Morgenstunden begünstigt, während am Nachmittag und Abend eher eine Auflösung stattfindet."

Der tägliche Gang der Nebelhäufigkeit auf dem Brocken ist wiederum von Hellmann[4]) untersucht (1836—1867) und für die vier Jahreszeiten in der Tabelle 6 wiedergegeben.

Tabelle 6.

	6 h	14 h	22 h
Winter	46,0	41,1	43,6
Frühling	42,3	27,2	36,2
Sommer	43,3	20,1	36,3
Herbst	45,4	32,0	38,1
Jahr:	177,0	120,4	154,2
Mittel:		150,5	

Das Maximum derselben liegt für die drei Termine natürlich im Winter und das Minimum um 6 h und 22 h im Frühling, bei der 14 h-Beobachtung im Sommer. Diese Erscheinung deckt sich also völlig mit dem Gang der V-Ablagerungen in den Jahren 1920—32. Bei Betrachtung der täglichen Periode des Nebels kommt man zu ähnlichen Ergebnissen. Das Maximum liegt morgens um 6 h, und die minimalen Werte findet man mittags. Ein Blick in die Fig. 7, in der die Längen des Rauhfrostes auf dem Brocken dargestellt sind, zeigt die große Übereinstimmung zwischen der Hellmann'schen täglichen Nebelperiode und der der Nebelfrostablagerungen. Interessant ist nun, diese Zahl (150,5 Tage) mit der mittleren Häufigkeit des Auftretens für Nebelfrost zu vergleichen, die Hellmann zu 137 Tagen ermittelte, und die für die Jahre 1920—32 128 Tage beträgt. Die Werte 151 und 137 bzw. 128 weichen nicht viel voneinander ab, d. h. also an fast jedem Tag im Jahr mit Nebel bildet sich die Erscheinung des Nebel-

[4]) No. 14.

frostes. Da der Nebel größtenteils vom Herbst bis zum Frühling das Observatorium einhüllt, in den Sommermonaten relativ selten vorkommt, ist fast jeder Nebel- ein Rauhfrosttag, vorausgesetzt natürlich, daß die Temperaturen an jenen Tagen unter dem Gefrierpunkt liegen. Die Differenz der 19 Tage mit Nebel ohne Duftanhang ist nur aus den Nebeltagen in der wärmeren und warmen Jahreszeit zu erklären.

Ganz anders liegen hingegen die Verhältnisse auf der Schneekoppe. Diese hat im Jahr als Mittel 261 Tage mit Nebel und in der von mir untersuchten Zeit nur 150 solcher mit Rauhfrost. Im Winter ist die Übereinstimmung der Nebel- und Nebelfrosttage ausgezeichnet, nur im Sommer treten erstere wegen des allgemein höheren Niveaus der Wolken häufiger auf als auf dem Brocken. In den fünf Monaten der Hauptablagerungen November bis April fand Hellmann allein 130 Nebeltage, so daß also an diesen und den angrenzenden, besonders im Oktober, stets Rauhfrost gebildet wird. M. Sassenfeld[5]) untersuchte für die Schneekoppe den jährlichen Gang der Häufigkeit der Nebeltage (1880 bis 1900) und fand folgendes Ergebnis:

Tabelle 7.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Häufigk.	21,4	20,0	24,1	21,0	21,8	20,1	20,6	20,6	21,9	25,6	21,1	22,5
Dauer in Std.	20	20	21	19	17	16	16	16	18	20	20	20

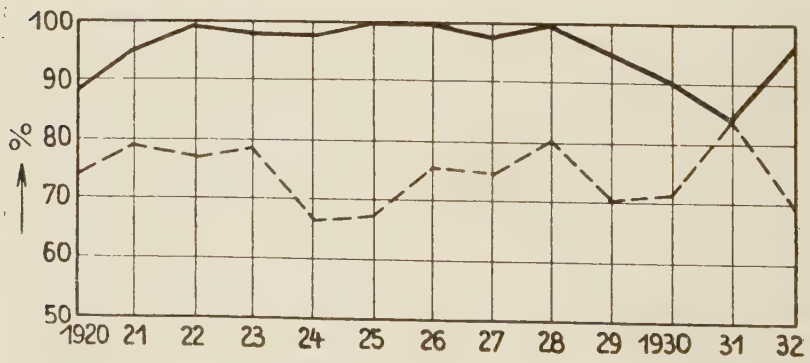


Fig. 10.

Die Anzahl der Tage in Prozenten, an denen Brocken und Schneekoppe in Wolken stecken. (Brocken ———— Schneekoppe — — — —)

[5]) No. 34.

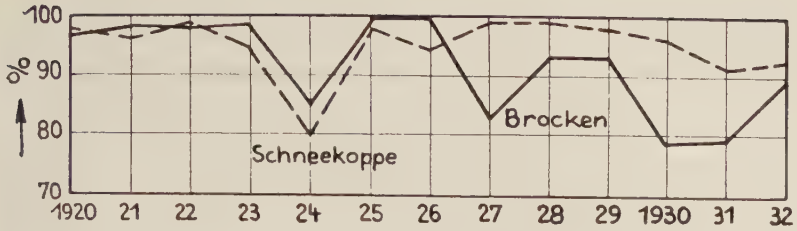


Fig. 11.

Prozente der Tage mit gesättigter Luft während der V-Bildungen (1920—32).

In der zweiten Spalte ist gleichzeitig die mittlere Dauer der Stunden von Nebelhäufigkeit angegeben. Nach der monatlichen Häufigkeit müßte also die Ablagerung im Jahr ziemlich gleichmäßig und besonders markant im März und Oktober sein, was aber den Tatsachen durchaus nicht entspricht. Vielleicht steht aber der Wert im März bei der Schneekoppe mit dieser Erscheinung in naher Beziehung. An der mittleren Dauer des Nebels in Stunden hingegen erkennt man, wenn auch nicht ausgeprägt, ein Minimum im Sommer. Im Winter nimmt der Nebel $^5/_6$, im Sommer immerhin noch $^2/_3$ des Tages ein.

In Fig. 10 ist nun die Zahl der Tage in Prozenten dargestellt, an denen Brocken und Schneekoppe in den Jahren 1920—32 während der V-Bildung in Wolken stecken. Man erkennt deutlich ein Überwiegen der Tage auf dem Brocken. Hier sind es ca. 95 %, während bei der Schneekoppe im Mittel ungefähr nur 75 % aller Tage in Frage kommen. Auch hierin liegt die immer wiederkehrende Erscheinung, die auch Hellmann bei seinen Nebelfroststudien auf beiden Bergen gefunden hat, daß nämlich das tieferliegende Wolkenniveau den Brocken im Winter mehr einhüllt als die Schneekoppe. Ein Maß für die den Kuppen aufliegenden Wolken, d. h. also den Nebel, ist die Angabe der relativen Feuchtigkeit. Über diese läßt sich verhältnismäßig wenig sagen, da für die beiden Berge die Luft bei den V-Bildungen fast stets gesättigt ist. Für jedes Jahr und Observatorium ermittelte ich in Prozenten die Zahl der Tage mit 100 % relativer Feuchte und trug sie in Fig. 11 ein. Mit nur sehr wenigen Ausnahmen kann man an fast jedem V-Tag gesättigte Luft feststellen. Die beiden Kurven verlaufen ziemlich gleichmäßig. Auf der Schneekoppe haben 95 %, auf dem Brocken 92 % der Tage 100 % rel. F. Das Minimum dieser Tage liegt auf der Schneekoppe 1924 bei 79 % und auf dem Brocken 1930 ebenfalls bei 79 % und 1931 bei 79,5 %.

Bis zum Jahre 1926 läuft die Kurve des Brockens 1 bis 5 % über der der Schneekoppe und weist ziemlich hohe Werte auf. Dann sinkt sie auf 80 % herab, während die für die Schneekoppe in diesen Jahren Werte zwischen 99 % und 92 % annimmt.

Ganz interessant ist es auch, einmal zu prüfen, ob die die Berge einhüllenden Wolken lediglich nur Rauhfrost ablagern oder ob auch zugleich Niederschlag aus denselben fällt. Es handelt sich in erster Linie um Schnee, seltener um Regen. In Fig. 12 sind für Brocken und Schneekoppe diese Untersuchungen wiedergegeben, d. h. die Prozente der Tage, an denen es neben der Rauhreifbildung schneite. Dies ist auf dem Brocken in weit geringerem Maße der Fall als auf der Koppe. Der Mittelwert beträgt für ersteren 22 % der Tage, das Maximum im Jahr 1928 33 %, das Minimum 1927 4 %. Auf der Schneekoppe dagegen liegen die Werte um rd. 30 % höher, und zwar betragen sie im Mittel 52 %, im Minimum 40 % und im Maximum 66 %. Auf der Schneekoppe hat es in den 13 Jahren bei den Ablagerungen nicht, auf dem Brocken einmal geregnet. In diesem Fall konnte man m. E. nicht mehr von Nebelfrost sprechen, sondern eher von Rauheis, das sich ja dann bildet, wenn große Nebeltropfen, also Regen, gegen noch unter 0° erkaltete Gegenstände prallen und dieselben mit einem dicken Eismantel überziehen.

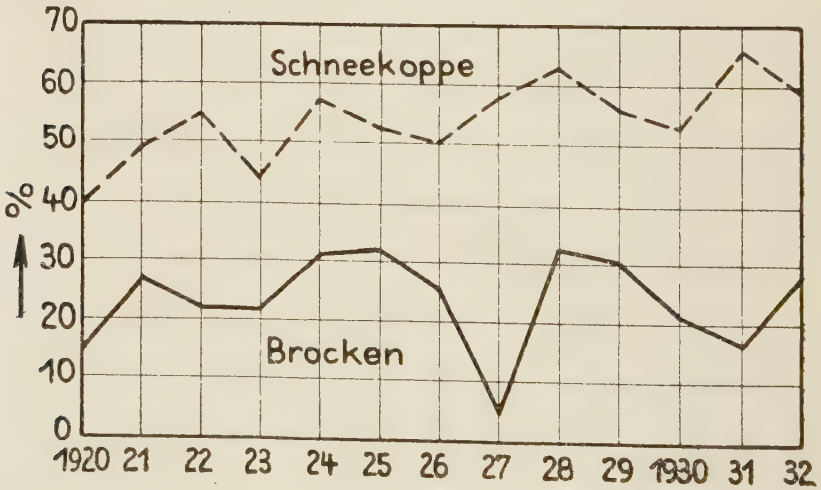


Fig. 12.

Zahl der Ablagerungen (in %), an denen Schneefall auftritt.

Welche Art der Wolkenformen nun am günstigsten für V-Bildungen ist, konnte auf den beiden Bergen nicht ermittelt werden, da sie in diesem Falle in den Wolken stecken. Aber Peppler[6]) hat mittels Drachenaufstiege den Eisanhang, wie er die Rauhreif-Rauhfrostablagerung nannte, in verschiedenen Wolkenarten untersucht, und ist zu folgendem Ergebnis gekommen:

	Str	Ni	Cu	Str-Cu	Ast
Eisanhang	32 %	47 %	3 %	15 %	3 %

Daß die Ablagerungen bei Ni- und Str-Wolken den Hauptteil ausmachen, ist von vornherein klar. „Man darf aber", so sagt Peppler, „nicht daraus schließen, daß die Bildung in den anderen Wolken selten wäre. Cu gehört überwiegend der warmen Jahreszeit an, sodaß der Ansatz fester Niederschläge eher schmilzt, als bis der Boden erreicht wird". Diese letzte Erscheinung trifft nun insofern für beide Berge nicht zu, als sie sich wegen ihrer Höhe bereits in den Wolken befinden, wohl aber liegt in der Aussage die schon vorher erwähnte Tatsache, daß nämlich im Sommer nachts zweifellos V-Ablagerungen gebildet werden, welche aber wegen der wärmeren Jahreszeit am Morgen schnell abschmelzen.

Abschließend kann somit gesagt werden, daß der zur V-Bildung wichtigste Faktor eben der Nebel ist, d. h. die die Bergkuppen einhüllenden Wolken, ohne die eine Ablagerung nicht stattfinden kann, ausgenommen der minimale Ansatz von Rauhreif, der durch Sublimation ohne Beisein von Nebel entsteht. Der jährliche und tägliche Gang der Bewölkung und des Nebels schreibt also den der Nebelfrostbildungen auf Bergobservatorien vor.

Neben dieser ersten Vorbedingung des Vorhandenseins von Nebelelementen spielt aber gleichzeitig

d) Die Temperatur bei den Nebelfrostablagerungen

eine wichtige Rolle. Erst durch diese kommt es zu dem jährlichen Gang der V-Ablagerungen, wie wir ihn bereits aus der Fig. 9 kennen. Vom Januar bis April liegen die Temperaturen für jedes der untersuchten Jahre auf beiden Bergen noch so tief, daß sich Nebelfrost bildet. Langsam steigt die Temperatur in den folgenden Monaten Mai bis Juni und wirkt dadurch hindernd auf die Entstehung von Rauhfrost ein. Fast jeder Kälterückfall in diesen

[6]) No. 30.

Monaten zeigt sich sogleich in den entstandenen Ablagerungen. Voraussetzung hierfür allerdings ist ein Sinken der Temperatur unter den Gefrierpunkt. Da dies in den beiden warmen Sommermonaten Juli und August am Tage kaum vorkommt, so fehlen hier naturgemäß jegliche Nebelfrostablagerungen. In der Nacht hingegen kann diese Möglichkeit eintreten, wie es Hellmann auch schon nachgewiesen hat. Im Herbst treten sie, im September noch reichlich spärlich, aber im Oktober verhältnismäßig öfter, mit sinkenden Temperaturen schnell wieder auf und erreichen im November und Dezember die Häufigkeit wie in den beiden ersten Monaten des Jahres.

Fragen wir uns nun zunächst, welche Werte die Temperaturen bei den V-Bildungen auf beiden Bergen in den Jahren 1920 bis 1932 annehmen, so kommen wir zu dem Bild, wie es die Fig. 13 wiedergibt. Die Verhältnisse für den Brocken zeigt Fig. 14a, in der die Mitteltemperaturen bei den Ablagerungen zu den drei Terminen dargestellt sind. Der Verlauf der drei Kurven ist ziemlich analog, d. h. Steigen oder Fallen der einen Kurve bedeutet ebenfalls für die anderen dasselbe. Allerdings sind hier stärkere Abweichungen in den einzelnen Jahren zu verzeichnen. Die 7-Uhr-Beobachtung des Jahres 1920 weist gegenüber den anderen beiden Werten zu hohe Temperaturen auf. Ganz wider den regulären Gang verstößt das Jahr 1923, in dem die drei Werte, weitauseinderliegend, unregelmäßig verlaufen. Die 7-Uhr-Beobachtung steigt von —5,0° auf —3,7°, die um 14 Uhr verläuft waagerecht bei —4°, und die am Abend fällt von —4,6° auf —5,2°. Das Jahr 1924 hat in der Morgentemperatur einen anormalen Wert von —5,5°, und ebenfalls gegen die Regel verstößt im Jahre 1932 der um einige Zehntel Grade fallende Wert der 14-Uhr-Beobachtung. Die höchste, überhaupt vorkommende Temperatur hat das Jahr 1921, bei dem die Mittagsbeobachtung —2,9° beträgt, die tiefste liegt im Jahre 1931 mit — 5,6° um 21 Uhr. Der Mittelwert der 21-Uhr-Temperaturen bildet das Minimum mit —4,4° gegenüber den 7-Uhr-Beobachtungen mit —4,1° und —3,8°, dem Wert um 14 Uhr. Die Mitteltemperaturen liegen also auf dem Brocken zwischen —3° und —5°. Wesentlich tiefer sind sie bei den Ablagerungen auf der Schneekoppe, wie sie uns Fig. 14 b zeigt. Hier schwanken sie nämlich zwischen —5,0 und —10,0°, in der Hauptsache aber liegen sie zwischen —6° und —7°. Hier hingegen ist die Analogie der drei Kurven weitaus größer als in Fig. 14 a. In den 13 Jahren findet man nur dreimal eine geringe Abweichung. Im Jahre 1920 hat, ganz analog dem Gang auf den Brocken, die Morgentemperatur einen zu hohen Wert und sinkt infolgedessen zum Jahr 1921.

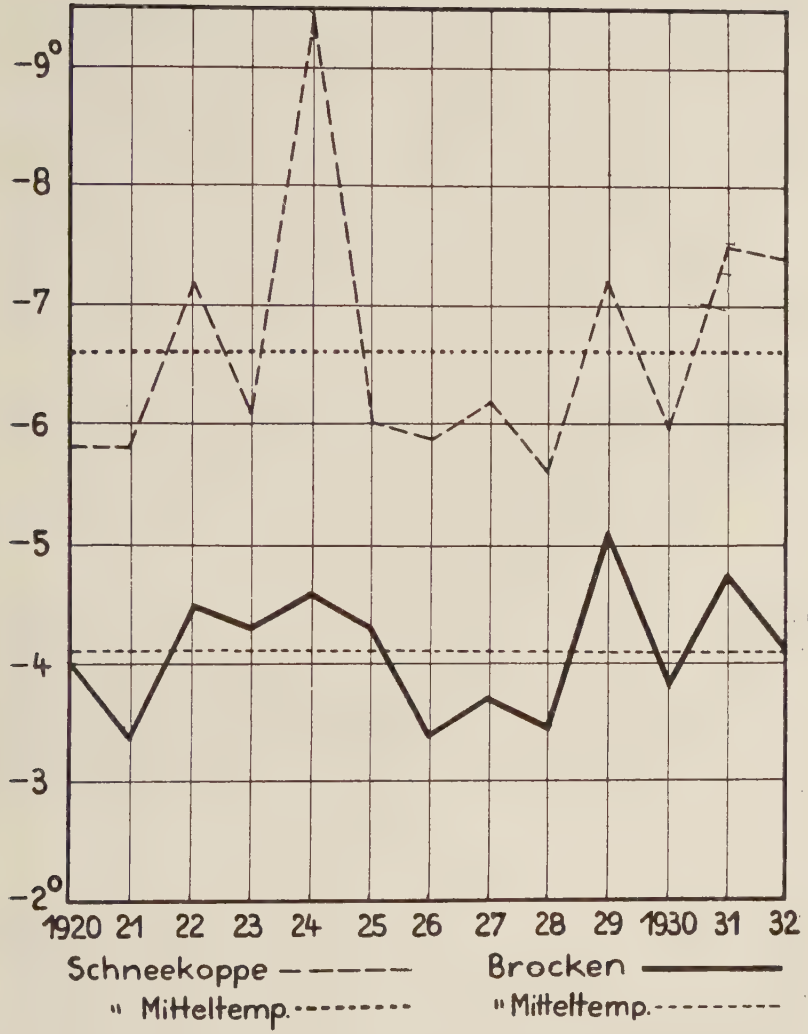


Fig. 13.

Mitteltemperaturen bei Nebelfrostablagerungen (1920—32).

Dasselbe Bild wiederholt sich 1925—26, in dem sie ebenfalls sinkt, während die anderen steigen. Die Abendbeobachtung von 1932 nimmt von —7,2° auf —8,8° ab entgegen dem Steigen der beiden anderen Kurven. Auch hier bildet die 14-Uhr-Temperatur die höchsten Werte mit im Mittel —6,44°. Am tiefsten ist die Mittel-

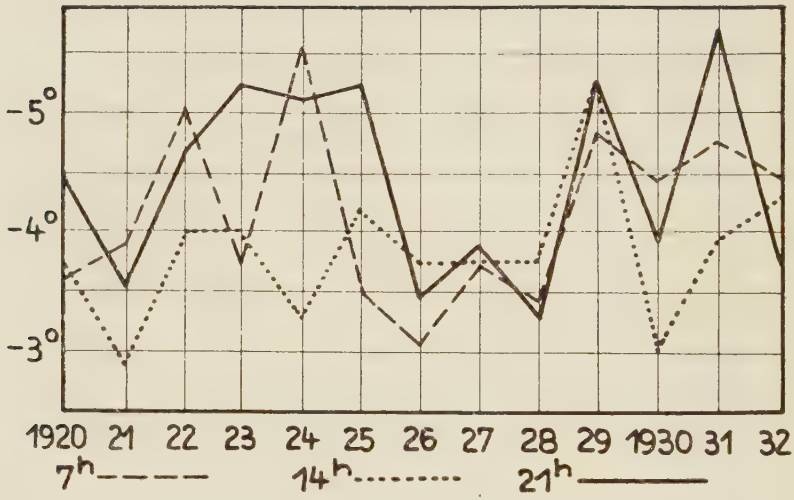


Fig. 14a.

Brocken.

temperatur von 7 Uhr mit —6,73°, dann erst folgt die 21-Uhr-Beobachtung mit —6,69°. In Fig. 14 a liegen die drei Terminbeobachtungen relativ weit auseinander, z. B. 1924 2,2° und 1925 1,7°. Nur zwei Jahre (1927 und 1929) weisen ½ Grad und weniger Temperaturunterschied auf. Ganz anders dagegen bei der Schneekoppe in Fig. 14 b; hier haben 5 Jahre 0,5° oder weniger Unterschied in den Temperaturen und 1 Jahr (1932) 2,1° Differenz. Im allgemeinen zeigen sie dasselbe Bild und liegen selten mehr als 1° auseinander.

Einen interessanten Vergleich liefert nun die Fig. 13, in der die beiden Temperaturkurven für das Jahresmittel bei den starken Ablagerungen gezeichnet sind. Auf dem Brocken schwankt diese zwischen —3,4° (Minimum in den Jahren 1921 u. 1926) und dem Maximalwert —5,1° im Jahr 1929. Die Mitteltemperatur bei allen V-Bildungen überhaupt liegt in den 13 Jahren für den Brocken bei —4,1°. Die Schneekoppe dagegen weist bedeutend tiefere Temperaturen auf, die zwischen —5,6° im Jahr 1928 und —9,4° 1924 schwanken. Die Mitteltemperatur aller Nebelfrostablagerungen findet man bei —6,6°. Die Analogie beider Kurvenzüge ist weitgehend die beste. Ansteigen und Fallen der einen Kurve bedeutet für die andere dasselbe. Kleine Abweichungen, von allerdings nur unbedeutender Art, liegen im ersten Teil des Verlaufs. Während

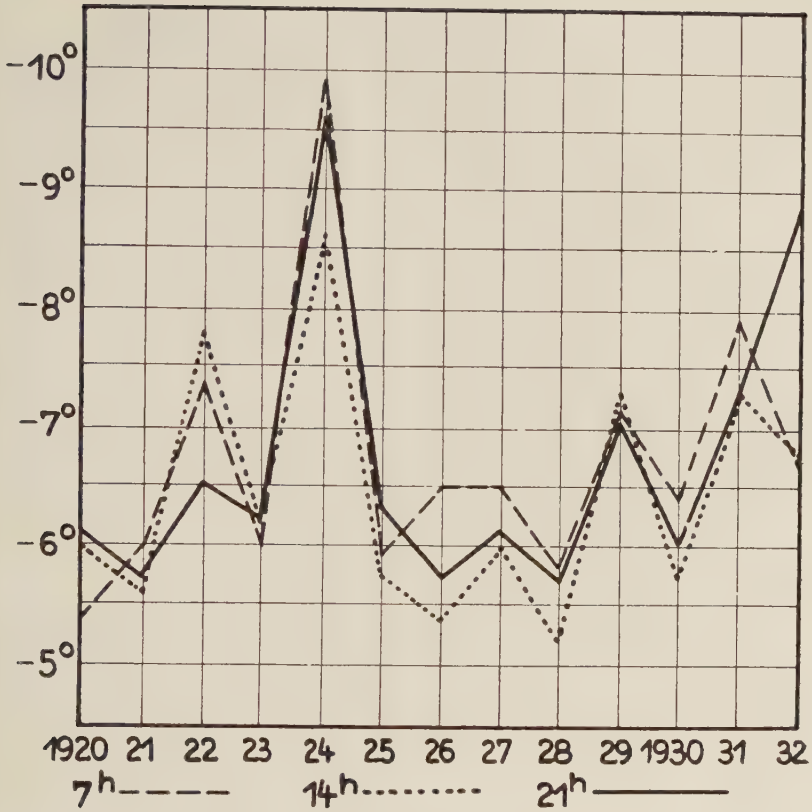


Fig. 14b.

Schneekoppe.

Mitteltemperaturen der Terminbeobachtungen bei Ablagerungen (1920—32).

die Temperatur für die Schneekoppe 1920—21 bei —5,8° waagerecht verläuft, steigt sie auf dem Brocken von —4,0° auf —3,4° an. 1924 bildet insofern eine Abweichung, als die Schneekoppenkurve in diesem Jahr um fast 3° von der Mitteltemperatur abweicht und mit —9,4° einen Extremwert bildet. Der Brocken erreicht nur einen Wert von —4,6°. Von 1926—32 ist die Ähnlichkeit der Kurvenzüge, wenn man beide um den Betrag des Unterschiedes der Mitteltemperaturen gegeneinander verschiebt und sie so gewissermaßen zur Deckung zu bringen sucht, außerordentlich groß. Die beiden waagerechten Linien geben für beide Berge ihre Mitteltemperaturen für alle Ablagerungen während der unter-

suchten Zeit wieder, und zwar sind sie für den Brocken —4,1° und die Schneekoppe —6,6°. Der Temperaturunterschied beträgt also 2,5°. Die Höhendifferenz der beiden Thermometerhütten auf den Observatorien beläuft sich auf 460,9 m. (H des Brockens 1 140 m + H der Hütte 17,0 m = 1 157 m; H der Schneekoppe 1 602 m + H_t mit 15,9 m = 1 617,9 m). Nach Hann (Lehrbuch, 3. Aufl.) ist nun der mittlere Temperaturgradient in unseren Breiten bis zu einer Höhe von 3 000 m 0,56° pro 100 m. Demnach müßte nun die mittlere Abnahme auf 460,9 m 2,58° sein. Dies ist nun tatsächlich der Fall bei den oben erwähnten Temperaturen, deren Unterschied ich zu 2,5° ermittelte.

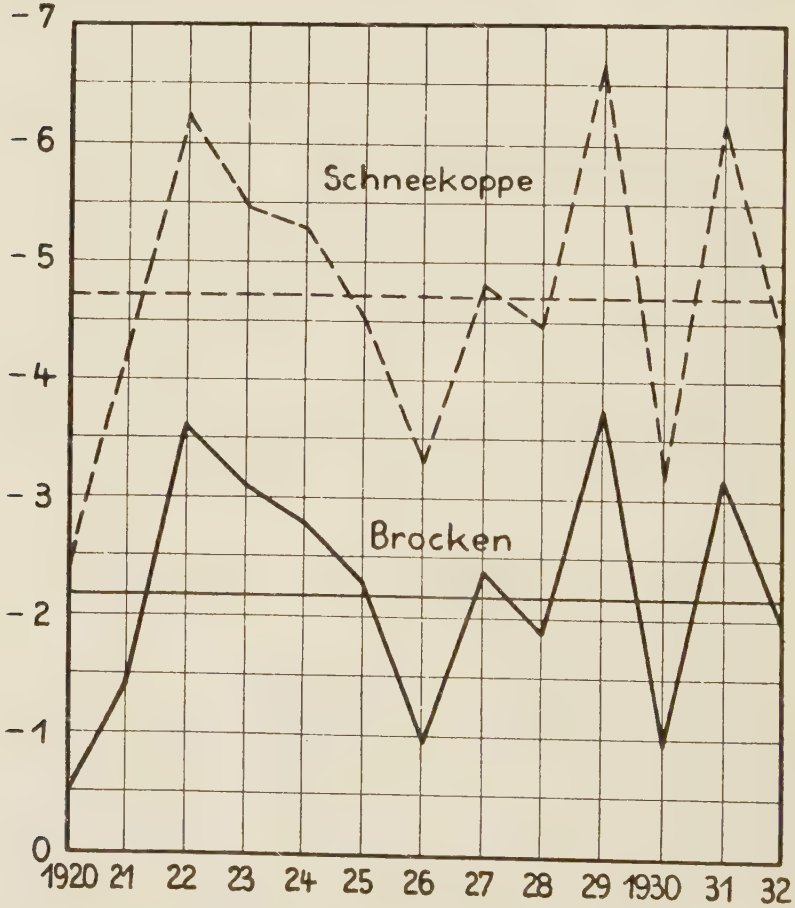


Fig. 15.
Mitteltemperaturen in den Wintermonaten (1920—32).

Inwieweit nun beim Vergleich zwischen den oben genannten Temperaturen bei V-Ablagerungen und denjenigen der Wintermonate auf beiden Bergen überhaupt Ähnlichkeiten oder Unterschiede bestehen, ist im folgenden untersucht. Zur Bestimmung der Mitteltemperatur verwandte ich, wie die V-Verhältnisse in Fig. 9 schon zeigten, die ersten vier und letzten zwei Monate des Jahres, in denen für jedes der untersuchten 13 Jahre Rauhfrost abgelagert wurde. Die monatlichen Temperaturverhältnisse des Brockens und der Schneekoppe sind nun in Tab. 8 wiedergegeben. Für den Brocken sind die Monate März, April und November und für die Schneekoppe nur der April insofern für einige Jahre anormal, als die mittleren Temperaturen über 0° liegen. Dann wurde, wie schon des öfteren erwähnt, hauptsächlich nachts oder an Tagen mit Kälterückfällen Rauhfrost gebildet. Diese Werte ergeben die Fig. 15 und zeigen für beide Berge eine täuschende Übereinstimmung. Der Unterschied besteht nur in einer Temperaturdifferenz, die von den verschiedenen Höhen beider Observatorien herrührt.

Tabelle 8.

a) Brocken.

	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932
Jan.	—2,0	—1,7	—7,0	—4,3	—5,2	—1,0	—4,9	—3,0	—3,1	—7,6	0,0	—5,1	+0,3
Febr.	—0,1	—3,1	—4,8	—4,6	—8,0	—2,4	0,0	—3,3	—2,5	—10,6	—4,8	—5,3	—7,2
März	+0,6	+0,6	—2,8	—0,4	—3,3	—4,9	—2,7	+0,2	—2,1	—0,6	—1,1	—5,6	—5,0
Apr.	+2,7	+1,3	—1,9	—0,1	—1,0	+1,6	+4,2	—0,1	+1,0	—2,6	+1,9	—0,8	+0,3
Nov.	+0,8	—2,9	—2,2	—2,5	+0,8	—2,7	+1,5	—1,9	+0,7	+0,6	+0,3	+1,1	—0,1
Dez.	—3,8	—2,6	—3,0	—6,6	+0,1	—4,3	—4,1	—6,5	—5,1	—1,9	—2,3	—3,4	0,0
Mittel	—0,5	—1,4	—3,6	—3,1	—2,8	—2,3	—1,0	—2,4	—1,9	—3,8	—1,0	—3,2	—2,0

b) Schneekoppe.

	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932
Jan.	—5,3	—4,3	—9,7	—7,2	—9,1	—2,6	—7,6	—5,8	—6,1	—10,1	—1,5	—8,1	—2,4
Febr.	—2,5	—5,9	—7,9	—7,6	—10,4	—4,9	—2,8	—7,3	—6,6	—12,5	—7,0	—7,1	—11,7
März	—2,3	—2,0	—5,3	—2,7	—6,0	—7,9	—6,0	—2,0	—5,6	—5,3	—3,7	—9,0	—9,0
Apr.	+1,9	—1,5	—3,3	—2,7	—3,4	—0,6	+1,4	—2,5	—0,7	—5,3	+0,1	—4,4	—1,6
Nov.	—2,0	—5,4	—5,7	—3,3	—1,8	—3,7	+1,3	—2,6	—1,0	—1,6	—1,5	—1,9	—1,0
Dez.	—4,3	—5,8	—5,1	—9,3	—0,8	—7,4	—6,0	—8,2	—7,2	—4,5	—5,6	—6,6	—0,7
Mittel	—2,4	—4,2	—6,2	—5,5	—5,3	—4,5	—3,3	—4,8	—4,5	—6,7	—3,2	—6,2	—4,4

Diese während der 13 Jahre ziemlich konstante Differenz beträgt aus dem Temperaturmittel für Brocken (—2,2°) und für die Schneekoppe (—4,7°) wiederum 2,5°. Damit ist auch hier eine große Ähnlichkeit dieser Kurven mit den früheren festzustellen. Das Jahr 1920 bildet für beide das Minimum mit —0,5° für den Brocken und —2,4° für die Schneekoppe, 1929 liegt das Maximum bei —3,8° bezw. —6,7°.

Es lohnt sich nun, die gefundenen Werte mit denen bei den V-Ablagerungen zu vergleichen. Die Temperaturen liegen in Fig. 13 bedeutend tiefer. Eine gewisse Ähnlichkeit ist festzustellen, besonders ab 1924, von wo ab eine Beziehung zwischen Fallen und Steigen besteht. Das Jahr 1924 selbst fällt heraus, da es in Fig. 13 ein ausgesprochenes Maximum ist, während man in Fig. 15 nach einem Hochpunkt (1922) ein langsames Sinken erkennt. Die letzten 8 Jahre bilden eine relativ gute Übereinstimmung aller vier Kurven. Die Mitteltemperaturen bei den Ablagerungen liegen für Brocken und Schneekoppe 1,9° tiefer als die mittlere Wintertemperatur überhaupt.

Stimmt das Ergebnis mit den Untersuchungen früherer Jahre überein? Hellmann[7]) fand als Mittelwert für den Zeitabschnitt 1836—67 auf dem Brocken für die Wintermonate eine Temperatur von —3,0°. Für die Schneekoppe erhielt Kaßner in den Jahren 1881—1909 folgende Werte: Januar —7,3°, Februar —7,7°, März —5,8°, April —1,9°, November —3,2° und Dezember —6,4°, das Mittel für die 29 Jahre beträgt —5,4°, liegt also nur 0,7° tiefer als in den Jahren 1920—32. Für die drei Terminbeobachtungen liegen in der „Met. Zeitschr. 1900“[8]) Werte in den Wintermonaten vor.

Tabelle 9.

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Nov.	Dez.
7 Uhr	—7,8	—7,8	—6,5	—2,3	—3,4	—6,8
14 Uhr	—7,1	—6,6	—4,9	—0,3	—2,3	—6,2
21 Uhr	—7,6	—7,6	—6,0	—2,0	—3,0	—6,8

Das Temperaturmittel beträgt hier —5,3°. Beim Vergleich der beiden Berge fand Kaßner[9]) für die Wintermonate in den Jahren 1851—1900 folgende Ergebnisse:

[7]) No. 14.
[8]) No. 23.
[9]) No. 24.

	Dez.	Jan.	Febr.
Brocken	—4,0	—3,7	—4,4
Schneekoppe	—6,9	—6,6	—7,3

und Hellmann:

	Winter	Frühling
Brocken	—4,7	+0,8
Schneekoppe	—7,8	—1,1

Aus allen Werten ersieht man immer wieder, daß sich bei der Schneekoppe neben ihrer größeren Höhe gegenüber dem Brokken ein Einfluß der kontinentaleren Lage auf die Temperaturen geltend macht. Im Durchschnitt liegen fast alle Temperaturen etwas tiefer als die der Jahre 1920—32.

Während die Mitteltemperaturen auf dem Brocken und der Schneekoppe bei den Nebelfrostablagerungen —4,1° und —6,6° betragen, liegen die beiden Extremwerte ziemlich weit auseinander und sind in Fig. 16 dargestellt. Die exakten oberen Grenzen müßten, wie schon früher erwähnt, bei 0° liegen, was aber durchaus nicht der Fall ist. Diese Bedingung ist für den Brocken noch eher erfüllt als für die Schneekoppe. Dessen Mitteltemperaturen schwanken zwischen —0,8° (1924) und +2,0° (1927), bewegen sich aber in der Hauptsache um 0°. Die mittlere obere Extremtemperatur der 13 Jahre liegt bei + 0,1°. Bedeutend höher liegen sie auf der Schneekoppe. Hier fällt die Extremtemperatur sehr selten unter 0°, weist nur dreimal Werte von —0,1° auf. Die höchste Temperatur überhaupt hat das Jahr 1921 mit +2,4°, der mittlere Wert liegt bei +0,5°; wesentlich uneinheitlicher verhalten sich nun die tiefsten Temperaturen bei den V-Bildungen. Für den Brocken liegen diese zwischen —9° und —16°, auf der Schneekoppe sogar zwischen —11° und —24°. Hier macht sich der Unterschied zwischen dem im Seeklima gelegenen Brocken und der schon kontinentalen Lage der Schneekoppe stark bemerkbar. Die tiefste Temperatur auf dem Brocken betrug im Jahre 1927 nur —15,2° im Gegensatz zu —23,4° im Jahr 1932 der Schneekoppe, die höchste liegt für den Brocken bei —9,6° (1921) und bei —11,1° (1928) auf der Koppe. Ein Vergleich der mittleren höchsten Werte auf beiden Bergen weist einen Unterschied von 5° auf (Brocken: —11,9°, Schneekoppe: —16,9°), der gegenüber den vorher ermittelten Werten von 2,5° auffallend hoch ist und sich auch wieder aus der verschiedenen Lage zum Meer erklärt.

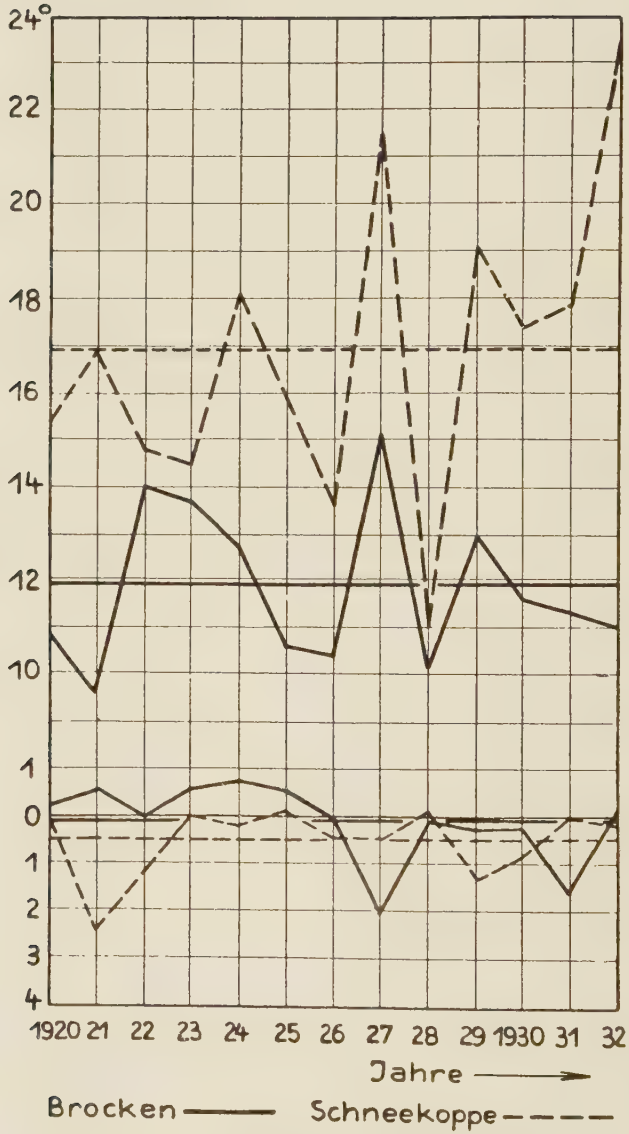


Fig. 16.

Höchste und tiefste Temperaturen bei den Nebelfrostablagerungen.

Auf eine oft wiederkehrende Tatsache sei bei diesen Untersuchungen noch hingewiesen, daß nämlich die Extremtemperaturen in einigen Jahren sich gleichzeitig nähern oder entfernen. Dies ist z. B. beim Brocken in den ersten 5 Jahren der Fall. 1920 liegen die Werte 10,6° auseinander, nähern sich beide im nächsten Jahr bis 9° Differenz. 1922 erreichen sie eine Maximalentfernung von 14° und laufen in den folgenden Jahren langsam gegeneinander. Am typischsten ist diese Erscheinung von 1926—28 für den Brocken. Im erstgenannten Termin liegen die Grenzen bei 0,0° und —10,4°, also 10,4° auseinander. Im darauf folgenden Jahr entfernen sie sich beide bis zu den Maximalwerten + 2,0° und —15,2°, d. h. der Unterschied beträgt hier 17,2°, liegt also rd. 7° höher als 1927. Die Ausgangswerte werden 1928 fast wieder erreicht mit 0,0° und —10,2°. Ebenso häufig tritt diese Erscheinung auf der Schneekoppe auf. Besonders gute Beispiele liefern uns die Jahre 1920—25, 1927—30 und 1931—32.

Wesentlicher und zum Vergleich beider Stationen in Bezug auf Temperaturen bei Ablagerungen geeigneter erscheint die Methode, deren ich mich im folgenden bediene und die in Fig. 17 dargestellt ist. Zunächst werde ich das Verfahren schildern, das ich hierbei zugrunde legte. Ich untersuchte für verschiedene Temperaturintervalle die Anzahl der Ablagerungen und stellte diese in der Figur dar. Als markante Temperaturgrenzen wählte ich 0,0°, —5,0°, —10,0° und —15,0°, weil mir gerade diese bei den V-Untersuchungen immer wieder auffielen. Somit entstanden 5 Temperaturintervalle, — die positiven Temperaturen und die unter —15° natürlich mit eingerechnet — mit denen alle bei den Nebelfrostablagerungen auf beiden Observatorien vorkommenden Temperaturen erfaßt wurden. Die Anzahl der Tage mit Rauhfrost auf dem Brocken schwankt in den untersuchten Jahren zwischen 33 und 82. Der jährliche Mittelwert derselben beträgt 44,6. Man muß also für solche Jahre eine Reduktion einführen, deren Zahl mit V-Bildungen unter bezw. über diesem eben erwähnten Mittel liegt derart, daß man diese mit einem Faktor > 1 oder < 1 multipliziert. Nach diesem Verfahren ändern sich z. B. die Werte für das Jahr 1930 auf dem Brocken folgendermaßen:

Tabelle 10.

	Pos. Temp.	0° bis —5,0°	—5,1° bis —10°	—10,1° bis —15,0°	Unter —15,1°	
Wirkliche	2	22	8	1	—	= 33
Reduzierte Werte:	3	30	11	1	—	= 45

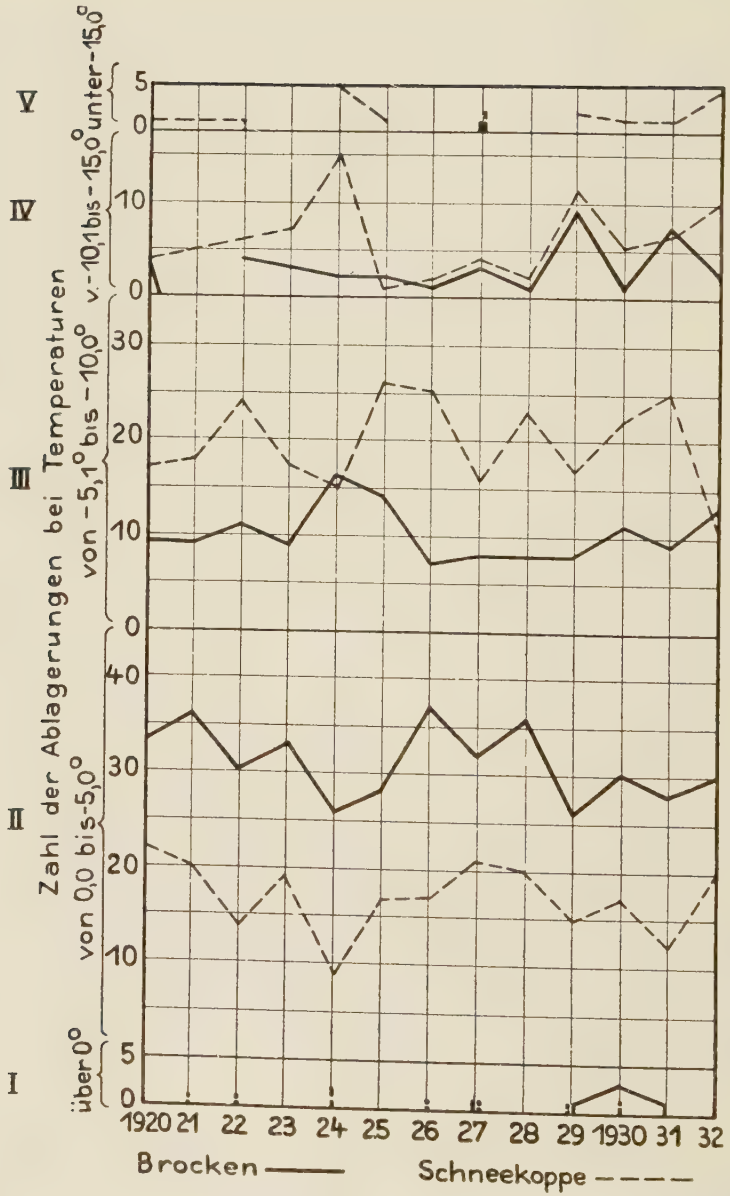


Fig. 17.

Zahl der Ablagerungen in verschiedenen Temperaturintervallen.

Auf der Schneekoppe nun liegt die Zahl der Ablagerungen zwischen 71 und 142 und dem Mittel bei 108. Dementsprechend sehen für 1931 die wirklichen und korrigierten Werte folgendermaßen aus:

Tabelle 11.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Wirklich:	—	37	80	21	4 = 142
Korrigiert:	—	28	60	16	3 = 107

Mithin sind also für jeden Berg die Werte einwandfrei, aber unmöglich miteinander vergleichbar. Da auf der Koppe ungefähr 2,5 mal soviel Ablagerungen im Mittel vorhanden sind, bedurften sie noch einer Korrektion. Diese muß man nun mit dem Reduktionsfaktor $\frac{44,6}{107,7} = 0,414$ multiplizieren und erhält dann die in Fig. 17 dargestellten einwandfrei zu vergleichenden Temperaturverhältnisse beider Berge. Die fünf Temperaturintervalle sind für dieselben Jahre übereinander angeordnet und lassen folgende charakteristischen Merkmale klar erkennen: in dem Temperaturbereich über 0° erkennt man ein häufigeres Auftreten von V-Ablagerungen auf der Schneekoppe. Dieses und das 5. Intervall hängen zweifellos miteinander zusammen, da nämlich Ablagerungen unter —15° nur dann auftreten, wenn gleichzeitig solche in denselben Jahren über 0,0° vorhanden sind. Dies ist wiederum die Erscheinung von Fig. 14, daß nämlich die Extremwerte zusammenhängen. Von größerer Bedeutung hingegen sind die Ergebnisse des zweiten und dritten Raumes, in deren Bereich für beide Berge die für Rauhfrostbildung häufigsten Temperaturen vorkommen. Die zwei Kurven zeigen einen fast analogen Verlauf, besonders im zweiten Raum. Der einzige Unterschied liegt darin, daß hier auf dem Brocken durchschnittlich 15 Ablagerungstage mehr zu verzeichnen sind als auf der Koppe. Hoch- und Tiefpunkte der beiden Darstellungen fallen wiederum wie bei den Temperaturen zusammen. Kleine Abweichungen bilden nur zwei Jahre: 1920 und 1927. Die mittlere Zahl der Ablagerungen auf dem Brocken ist 31, die der Schneekoppe dagegen nur 16. Umgekehrt in Bezug auf die Anzahl des Vorkommens liegen die Verhältnisse im 3. Intervall. Die Übereinstimmung der Kurven ist hier schon wesentlich schlechter. Besonders die Jahre 1924 und 1932 zeigen große Anomalien. Das Mittel der Ablagerungstage ist für den Brocken in diesem Gebiet nur 10 gegenüber 20 der Schneekoppe. Im vierten Raum haben die beiden Kurven wie-

derum einen ähnlichen Verlauf mit Überwiegen der Ablagerungen auf der Schneekoppe. Auch hier fallen die Jahre 1924 und 1932 stark heraus. Der Brocken weist im Mittel bei diesen Temperaturen nur 3 Ablagerungen, die Schneekoppe 6 auf. Über das letzte Gebiet wurde bereits oben gesprochen. Interessant zu erwähnen ist ein charakteristisches Jahr, nämlich 1924. Auf dem Brocken liegt ein Hochwert im 3. Intervall, bei der Schneekoppe im 4. und 5., während der zweite Raum für beide ein ausgesprochenes Minimum aufweist, der erste dagegen wieder ein Maximum für die Schneekoppe.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß der Brocken hauptsächlich Rauhfrost zwischen den Temperaturen 0° und —5° bildet und hier die meisten Ablagerungen aufweist. Auf der 450 m höheren Schneekoppe dagegen entstehen die meisten V-Ablagerungen zwischen —5° und —10° und bei noch tieferen Temperaturen.

e) Letztes und erstes Auftreten von Rauhfrost vor bezw. nach dem Sommer.

In dem Vorhergehenden sprach ich von dem periodischen jährlichen Gang der V-Bildungen, der sein Charakteristikum darin hatte, daß die Zahl der Tage zum Sommer abnahm, in den beiden warmen Monaten Juli und August fehlte und vom September zum Dezember linear wuchs, was eine natürliche Abhängigkeit von dem jährlichen Gang der Temperatur darstellt. In Fig. 18 sind für beide Berge jährlich die Termine des letzten und ersten Auftretens von Ablagerungen veranschaulicht.

Die beiden Kurven zeigen wiederum einen täuschend ähnlichen Verlauf, ja decken sich zuweilen fast. Je nach der Witterung der einzelnen Jahre schwankt auf dem Brocken das letzte Auftreten der V-Erscheinungen zwischen dem 30. April und 27. Juni. Das mittlere letzte Auftreten liegt am 2. Juni. Nur wenig weicht die Schneekoppe mit den Daten von denen des Brockens ab. Der Mittelwert fällt auf den 8. Juni und die beiden Grenzen liegen am 1. Mai bezw. am 27. Juni. Gemäß der guten Übereinstimmung der Mitteltemperaturen in den Wintermonaten für beide Observatorien, wie sie in Fig. 15 dargestellt sind, verlaufen auch hier die Grenzen analog. Nicht ganz so übereinstimmend verhält es sich mit dem Auftreten der V-Bildungen nach den Sommermonaten. Hier liegen sie fast einen halben Monat auseinander, was aus der höheren Lage der Koppe und der damit zusammenhängenden tieferen Temperatur zu erklären ist. Die Kur-

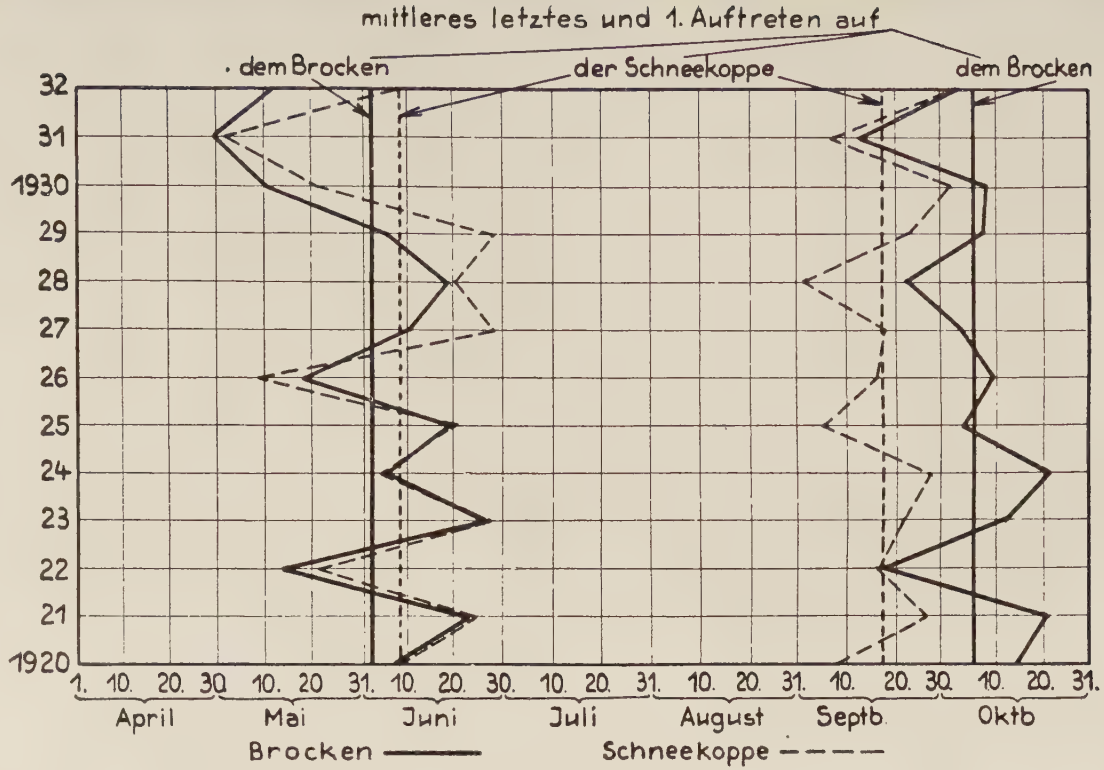


Fig. 18.
Letztes und erstes Auftreten von Nebelfrostablagerungen (1920—32).

venzüge indeß weisen auch hier eine Übereinstimmung auf. Auf dem Brocken schwankt das erste Einsetzen von Rauhfrostbildung zwischen dem 13. September und 23. Oktober, einem etwas kleineren Bereich als dem oben erwähnten. Das mittlere Datum des Einsetzens fällt auf den 17. Oktober. Drei Wochen vor diesem Termin liegt das der Schneekoppe, deren Daten auf den 2. September und 3. Oktober fallen. Im ganzen Jahr treten also auf der Schneekoppe die Ablagerungen — im Mittel der 13 untersuchten Jahre gerechnet — 26 Tage länger auf als beim Brocken. Auch Hellmann [10]) gab in seinen in den Jahren 1897—1913 angestellten Beobachtungen auf beiden Berggipfeln hierfür Erklärungen. Er fand für die Koppe mit Ausnahme der Monate Dezember bis März größere und länger anhaltende Ablagerungen, besonders im Frühling und Herbst. Das Wolkenniveau lag in den letztgenannten Jahreszeiten höher. Hellmann stellte sogar in den erwähnten Jahren noch minimale Bildungen im Juli und August fest. (Im Juli ist die Zahl der mittleren Tage 0,2, im August 0,5).

f) Windrichtung und -stärke.

Ein für die V-Bildung sehr wichtiger Faktor ist nun der Wind, d. h. die Luftströmung, die die feuchten maritimen Luftmassen an die betreffenden Berge bringt. Nicht jede Richtung ist nun in gleichem Maß günstig für die Nebelfrostablagerungen an einem Ort. Dies führte also naturgemäß zum Auffinden von mehreren Hauptwindrichtungen auf beiden Bergen. In jedem Jahr wurde die Anzahl der Winde aller 16 Richtungen ausgezählt und schematisch in eine Windrose eingetragen. Alle diese Werte der Jahre 1920—32 wurden gemittelt, und somit erhielt man die gesuchten Typen der Richtungen. Betrachten wir zunächst die Verhältnisse auf dem Brocken, so fällt uns in fast jedem Jahr immer wieder dieselbe Erscheinung bei den Ablagerungen auf, nämlich ein Fehlen der Winde im SE-Quadranten, ein starkes Überwiegen der SW- und der Winde nördlicher Richtung. Als typisches Beispiel mögen hier nur zwei markante Jahre (1922 und 1928) erwähnt werden.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
1922:	12	9	2	2	3	—	—	—	1	6	15	3	6	5	10	8
1928:	6	4	2	1	3	—	—	—	—	2	10	5	5	1	3	4

[10]) No. 15.

Fast alle Jahre zeigen diese Windverteilung. Die einzige Ausnahme bildet 1920, in dem Winde nördlicher Komponente fehlen, ausgenommen der sonst verhältnismäßig seltene NE-Wind, der 5mal verzeichnet ist. Die mittlere Verteilung der Winde in den 13 Jahren zeigt nun folgendes Bild: der SW-Wind ist der häufigste, verglichen mit allen anderen Richtungen, dann folgt der W und NW mit gleichen Werten. In kurzen Abständen kommen NNW, NNE und WSW. WNW und NE sind wiederum gleich oft vertreten. Völlig fehlen die Richtungen aus ESE und SSE, der SE-Wind tritt allerdings als Minimum mit 0,4 noch auf. Die mittleren Häufigkeitszahlen auf dem Brocken lauten:

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
Brocken	3,8	4,0	2,7	1,4	1,7	—	0,4	—	0,5	1,9

	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Brocken	8,3	3,6	4,6	2,8	4,6	4,3

Sind nun, so fragen wir uns, die allgemeinen Windrichtungen ähnlich diesen oder weichen sie erheblich ab? Hellmann [11]) war es wiederum, der die jährliche Verteilung der vorherrschenden 8 Hauptwindrichtungen in folgender Tabelle zusammenstellte:

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
6	6	8	8	10	24	23	15%

Auch bei ihm liegt das Maximum bei SW-Winden (Fig. 19), denen aber die westlichen fast gleichkommen. „Winde aus den drei Richtungen SW, W und NW sind allein dreimal häufiger als solche der übrigen fünf Richtungen". Der auffallendste Unterschied liegt im SE-Quadranten, wo sich bei Ablagerungen ein Minimum, nach Hellmann dagegen noch 8 % ergeben. Schon daraus erkennt man, daß diese Art von Winden zwar häufig ist, aber nur geringe Mengen Feuchtigkeit enthält, noch viel weniger sogar Rauhfrost bildet. Ausschlaggebend ist also nur der vom Ozean direkt kommende, mit Feuchtigkeit beladene Luftstrom aus SW-licher Richtung, der von den Hauptzugstraßen der Depressionen herrührt. R. Aßmann [12]) sagt hierüber: „Keiner der Berge Zentraleuropas liegt den Zugstraßen der barometrischen Depressionen so nahe als der Brocken. Da dieselben aber mit geringen

[11]) No. 14.

[12]) No. 3.

Ausnahmen ihren Weg nördlich vom Brocken zu nehmen pflegen, liegt er außerordentlich häufig im Gebiet der südwestlichen Winde, da er das südliche Randgebiet der Minima einnimmt." Kaßner [13]) erklärt diese Erscheinung daraus, daß „im Dezember die Isobaren von West nach Ost gehen, mithin SW-Winde vorherrschen, während im Januar die Richtung der Isobaren von SW nach NE verläuft und somit Südwinde zur Geltung kommen". Im folgenden untersuchte G i e r e [14]) für die Jahre 1901—30 die Sturmtermine (> 7 Beaufort) auf dem Brocken, „der nördlichsten und ozeanischsten deutschen Gipfelstation", und stellte sie in Tab. 12 dar.

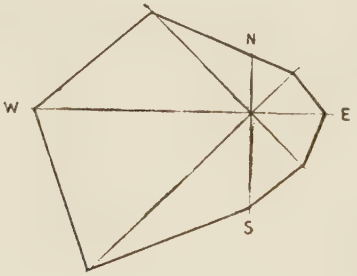


Fig. 19.
Häufigkeit der Winde (in %) auf dem Brocken.

Tabelle 12.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Summe
Winter:	48	21	150	84	75	1319	899	258	2855
Herbst:	36	24	117	80	60	933	662	177	2089
1901/30:	74	45	267	164	135	2252	1561	436	4944

Auch hier erkennt man wiederum das ausgeprägte Maximum der W-, NW- und SW-Richtung. Die beiden östlichen Quadranten weisen nur verhältnismäßig kleine Werte auf.

Die mittleren Windrichtungen auf der Schneekoppe bieten ein ähnliches Bild wie das des Brockens, nämlich eine ausgesprochene Vorherrschaft für SW, N und NW-liche Richtungen (Fig. 20). In einzelnen Jahren findet man eine gute Übereinstimmung

[13]) No. 24.
[14]) No. 10.

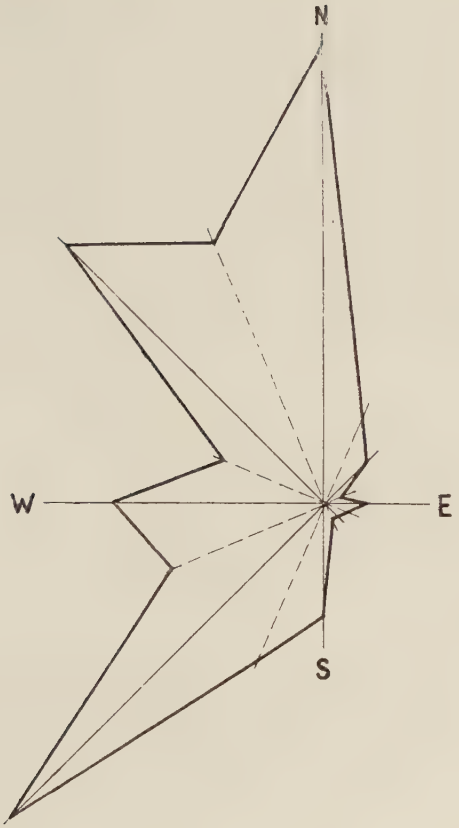


Fig. 20.

Mittlere Verteilung der Windrichtungen bei den Ablagerungen auf der Schneekoppe (1920—32).

mit den Brockenergebnissen, d. h. starke Betonung des SW-Windes. Ein Beispiel hierfür liefert das Jahr 1929:

N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW
16	2	3	1	2	1	1	1	7	8	26
19,1	3,6	2,2	0,6	1,9	1,2	0,7	0,7	4,9	6,9	18,4

WSW	W	WNW	NW	NNW
6	9	1	12	16
6,7	8,6	4,5	15,3	11,5

Meistenteils überwiegt aber der N-Wind, wie das Mittel der 13 Jahre deutlich erkennen läßt. Winde aus den beiden östlichen Quadranten fehlen völlig.

In dem „Klima der Schneekoppe" wird über die vorherrschenden Winde in den Monaten mit V-Bildung gesprochen; diese sind für die einzelnen Monate wie folgt:

	Jan.	Febr.	März	April	Nov.	Dez.
Winde:	S, SW	S, SW	S, SW	S, SW	S, W	SW, S

Vortrefflich ist die Übereinstimmung dieser Richtungen mit den obigen in Bezug auf SW. Das zweite Maximum, S- bzw. W-Winde, indessen ist aber niemals mit meinen Untersuchungen in Zusammenhang zu bringen. Die Südwestwinde, die auch der Schneekoppe sehr viel feuchte Luft heranführen und dort starke Ablagerungen bedingen, verdanken ihre Entstehung ebenfalls, wie auf dem Brocken, den vom Kanal kommenden und durch die Ostsee bew. Südskandinavien (IVa und b) ziehenden Depressionen. Die Nordwinde hingegen sind durch die V b-Depressionen bedingt, die von Italien über die Adria nach NE schwenkend ihre Bahn nach den russischen Ostsee-Provinzen nehmen.

Um einen Vergleich der Windrichtungen bei den Nebelfrostablagerungen auf dem Brocken und der Schneekoppe zu ermöglichen und diesen in einer Figur zu veranschaulichen, darf man nicht so ohne weiteres die beiden gefundenen Reihen von Werten hierfür benutzen. Da ja auf der Schneekoppe im Mittel 2,4mal soviel Ablagerungen auftreten als auf dem Brocken, muß man auch hier, genau wie früher bei den Temperaturuntersuchungen, den Faktor 0,414 verwenden und alle Werte für die Koppe mit ihm multiplizieren. Die neuen gefundenen Werte sind nun mit denen für Brocken in Fig. 21 gezeichnet und geben eine klare Vergleichsmöglichkeit der Windrichtungen auf beiden Bergen. Die Übereinstimmung beider Kurven ist in allen vier Quadranten als recht gut zu bezeichnen. Am meisten ähneln sie sich im Südwest-Quadranten. Die S-Winde sind nur schwach vertreten, etwas stärker schon der SSW, und der SW bildet dann jenes Maximum, von dem bereits oben ausführlich gesprochen ist. Nach einem Minimum im WSW ist der W-Wind wieder stärker vertreten. Die Analogie ist auch im NW-Quadranten noch außerordentlich gut. Auf dem Brocken verteilen sich die Hauptwindrichtungen auf NW, NNW und N, die Schneekoppe hat nur eine überragende Richtung, den N-Wind, der das Maximum aller Winde darstellt. Dann erst folgen NW- und NNW-Winde. Die beiden östlichen Quadranten spielen für Winde mit Ablagerun-

gen fast keine Rolle. Die Schneekoppe weist wohl alle Richtungen auf, aber die mittlere Anzahl der vorkommenden Winde im Jahr ist so minimal, daß man ihr keinerlei Beachtung zu schenken braucht. Immerhin nennenswert sind die Winde des Brokkens im NE-lichen Teil, wo der NNE noch mit 4 und der NE mit fast 3 auftritt. Auch ENE und E sind erwähnenswert. Somit läßt sich abschließend über die Verteilung der Windrichtungen auf den beiden Bergen sagen, daß zur Bildung von Nebelfrost fast dieselben Wetterlagen vorherrschen; denn nur diese sind ausschlaggebend auf die Richtung des Windes. Trotz der nur 360 km Luftentfernung der beiden Berge ist dennoch ein Unterschied zwischen der mehr maritimen Lage des Brockens und der kontinentalen der Koppe festzustellen.

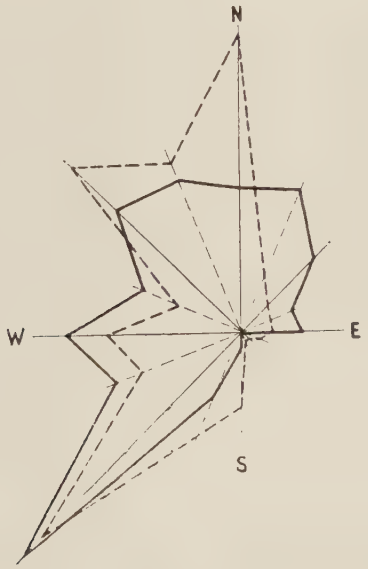


Fig. 21.

Mittlere Verteilung der Windrichtungen bei den Ablagerungen
——— auf dem Brocken — — — auf der Schneekoppe.

Zu erwähnen sind noch die Windstärken bei der Rauhfrostbildung, wie sie nach Beaufort in Fig. 22 dargestellt sind. Für beide Observatorien liegen sie ziemlich gleichmäßig zwischen den Stärken 6 und 7. Auf dem Brocken schwankt der Wert zwischen 5,6 B (1923) und 7,1 B (1930), bei der Schneekoppe dagegen zwischen 5,9 B (1923) und 6,95 B (1930). Der Mittelwert der 13 Jahre liegt für den Brocken bei 6,5 B., die mittlere Stärke des Windes

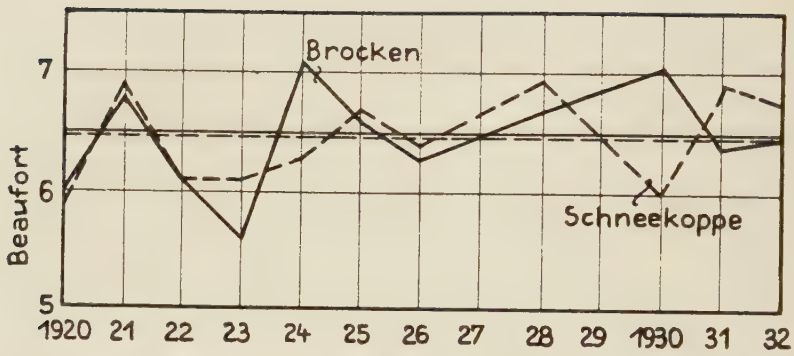


Fig. 22.

Mittlere jährliche Windstärke nach Beaufort bei ⋁-Ablagerungen.
——— Brocken — — — Schneekoppe.

auf der Koppe beträgt sogar etwas weniger, nämlich 6,48 B. Der Kurvenverlauf ist in einigen Jahren wieder ziemlich übereinstimmend, besonders gut von 1920 bis 1923 und 1925 bis 1928. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Windstärke in den Wintermonaten auf dem Brocken tatsächlich größer ist als auf der Koppe, obwohl letztere rund 450 m höher liegt. Über die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe geben uns die Ergebnisse der Aufstiege 1905—1912 in Lindenberg (Hann: Lehrbuch, 3. Aufl., S. 395) Aufschluß (Tab. 13).

Tabelle 13.

Höhe	500	1000	1500	2000
Winter	12,0	11,7	12,0	12,4
Jahr	9,3	9,6	9,7	10,0

Demnach muß zwischen 1000 und 1500 m Höhe eine kleine Zunahme zu spüren sein. Auf dem Brocken ist aber die Geschwindigkeit in m/sec. 15,0 und für die Koppe 14,94. Die beiden größeren Werte gegenüber den obigen für freie Atmosphäre sind durch das Gebirge bedingt, da beim Überwehen desselben und Zusammendrängen der Stromlinien eine größere Geschwindigkeit entsteht. Die schwächeren Winde bei den Ablagerungen auf der Koppe können wir nur dadurch erklären, daß die SW-Winde bereits auf dem 360 km weiteren Weg etwas an Intensität verloren haben, und daß die Winde aus nördlichen Richtungen nicht die Energie besitzen, um den Mittelwert zu erhöhen. Hellmann[15])

[15]) No. 16.

bestimmte für die Schneekoppe in den einzelnen Monaten die Windgeschwindigkeit und fand folgende Werte: Januar 15,5, Februar 14,2, März 12,8, April 11,4, November 12,8 und Dezember 14,0. Der Mittelwert mit 13,5 liegt also etwas tiefer als die Windgeschwindigkeit bei den Ablagerungen. „Der jährliche Gang", so sagt Hellmann, „stimmt mit dem auf dem Brocken sehr gut überein. Bei der kontinentalen Lage der Schneekoppe hatte ich einen niedrigeren Wert erwartet. Infolge der Verengung des Luftstrombettes durch den frei aufragenden Gipfel der Schneekoppe wird eine Verstärkung der Strömungsgeschwindigkeit erzielt."

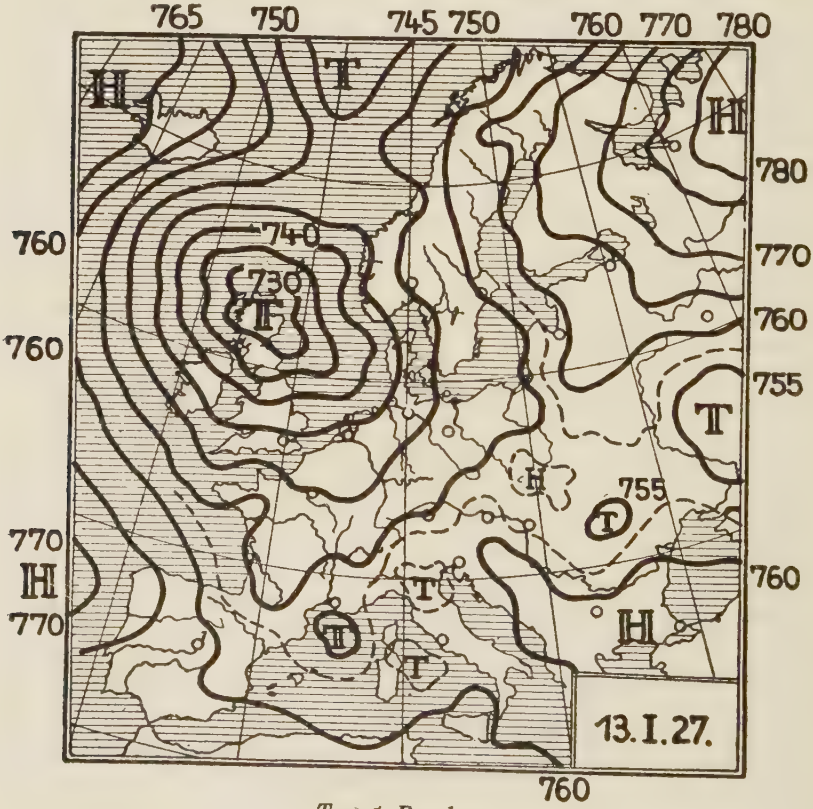
g) Typen von Wetterlagen bei Ablagerungen auf dem Brocken und der Schneekoppe.

In engem Zusammenhang gerade mit den letzten Betrachtungen über die Windrichtung sind abschließend die Wetterlagen behandelt, die charakteristisch waren für die Nebelfrostablagerungen auf beiden Bergen. Um nun die für diese Untersuchungen typischsten herauszuarbeiten, behandelte ich nur solche Tage, die die stärkste Rauhfrostbildung aufwiesen. Für den Brocken kamen also Tage in Betracht, die durchschnittlich 30 cm und mehr als Tagessummen gebildet hatten. Da gewöhnlich der Vortag ebenfalls recht beträchtliche Mengen aufwies, wurde auch auf seine Luftdruckverteilung kurz hingewiesen. Ebenso war diese Untersuchung für den Nachtag angebracht, falls er noch große Längen aufgezeichnet hatte. Als Beispiel hierfür gebe ich den 4. und 5. März 1923. Am 4. März waren um 7 Uhr 17 cm, 14 Uhr 16 cm und 21 Uhr 12 cm, am 5. März um 7 Uhr 12 cm und um 14 Uhr noch 7 cm gemessen. Aber nicht immer berücksichtigte ich Vor- bezw. Nachtage, wenn nämlich nur an einem Tage Ablagerungen von gewaltigen Längen auftraten. Bei der Schneekoppe wurden die Fälle bearbeitet, die eine Stärke von V^{1-2} und V^2 hatten. Hier wurde die Lage des Vortages meistens mit eingeschlossen. Auf dem Brocken ergaben sich nun für die 13 Jahre 40 solcher Fälle und für die Koppe 37. Nur 4 Lagen hiervon waren für beide Berge gleich. Die Übereinstimmung der Hauptwindrichtungen auf dem Brocken mit den von den 40 Fällen erhaltenen drei Typen der Druckverteilung ist außerordentlich gut. Drei Windrichtungen waren vorherrschend: 1. SW, 2. NW-NNW und 3. N bis NE. Dementsprechend ergaben sich die drei Typen, auf die sich die einzelnen Fälle wie folgt verteilen: Typ 1 : 9, Typ 2 : 16 und Typ 3 : 15. Die den betreffenden Typ am besten kennzeichnende Karte wurde gleichsam als Beispiel hierfür benutzt.

Beschreibung der drei Typen.

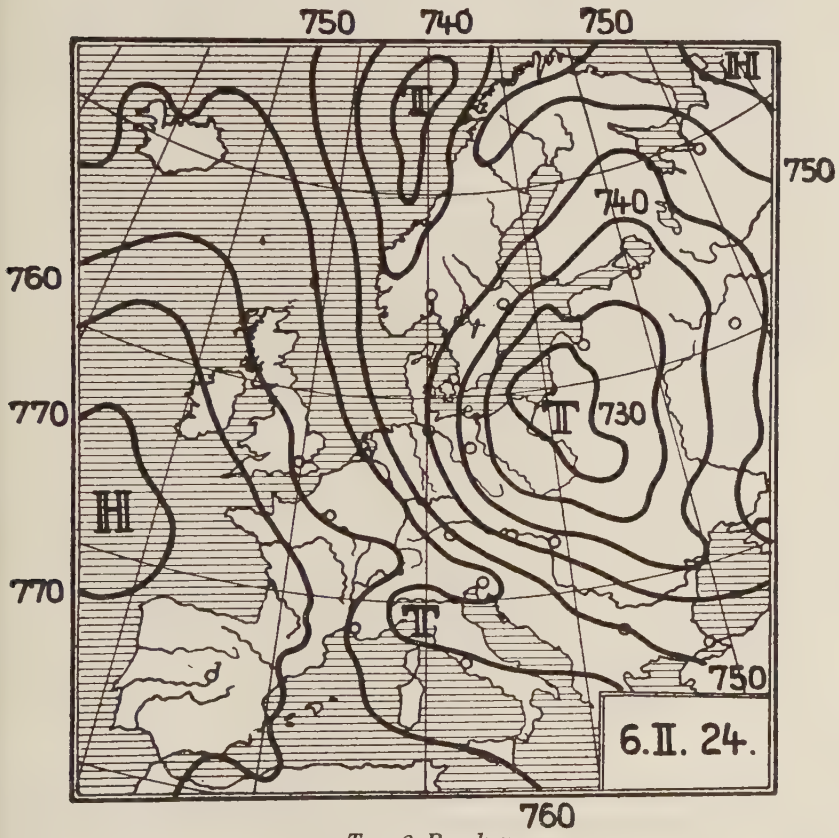
1. Die markante Druckverteilung für Winde aus SW-lichen Richtungen ist eine tiefe Depression über Großbritannien oder der Nordsee, die die Luftmassen aus dem über Spanien liegenden Ausläufer des Azorenhochs meistens mit großer Stärke an sich saugt. Diese haben den Charakter eines maritimen Luftkörpers. Das gesamte Tief füllt den Raum zwischen Island und Großbritannien, das Ostsee- und Nordseegebiet mit Dänemark und Skandinavien aus. Im Osten liegt ebenfalls ein Hoch, teilweise sind es, wie die Karte zeigt, sogar zwei. Der Kern liegt in Rußland und die Ausläufer reichen meistens bis Polen. (Siehe Karte Typ 1.)

2. Klar und eindeutig ist die Druckverteilung bei Typus 2. Es tritt hier gewissermaßen eine Zweiteilung der Wetterkarte auf. Im Westen liegt eine ausgedehnte ozeanische Antizyklone und in



Typ 1 Brocken.

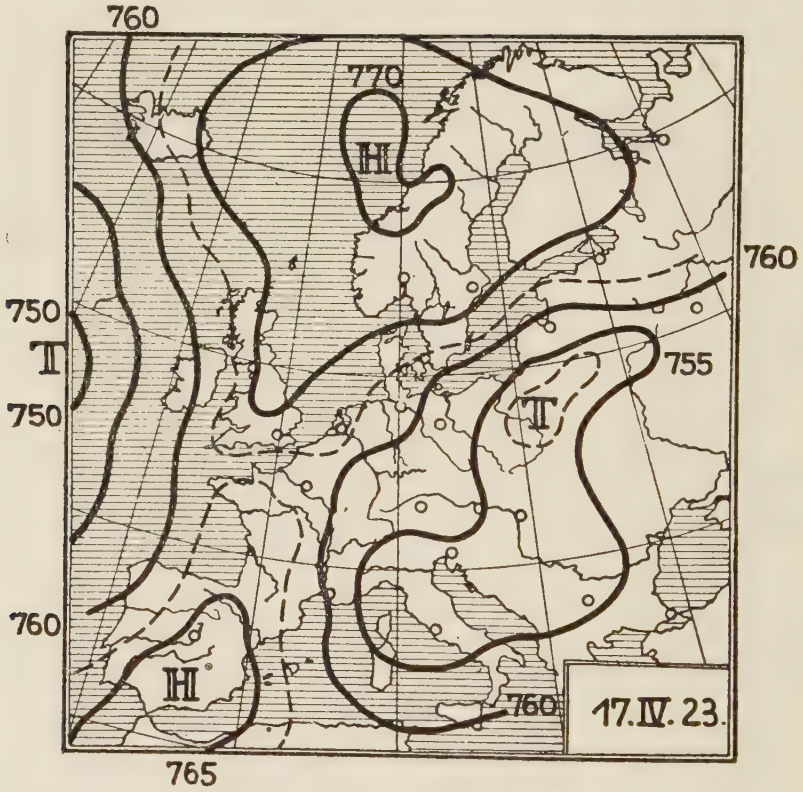
Osteuropa eine tiefe Depression. Daher rühren auch die NW-Winde. Das Hoch kann bis zur Ostsee reichen, während der Kern des Tiefs über Italien, Südosteuropa, Polen, Rußland oder den Ostseeprovinzen liegt. (Siehe Karte Typ 2.)



Typ 2 Brocken.

3. Dieser Typ wird durch folgende Verteilung der Hoch- und Tiefdruckgebiete gekennzeichnet: Im SE Europas liegt eine Depression, die von einer Antizyklone im N über Skandinavien durch Winde aus NNE-lichen Richtungen gespeist wird. Im Westen findet man über Spanien noch ein Hoch und über dem Ozean eine tiefe Depression. Gewöhnlich sind die beiden Antizyklonen getrennt zu finden, aber zuweilen bilden sie auch eine Hochdruckbrücke von SW nach NE. In diesem Falle rückt das ausgedehnte

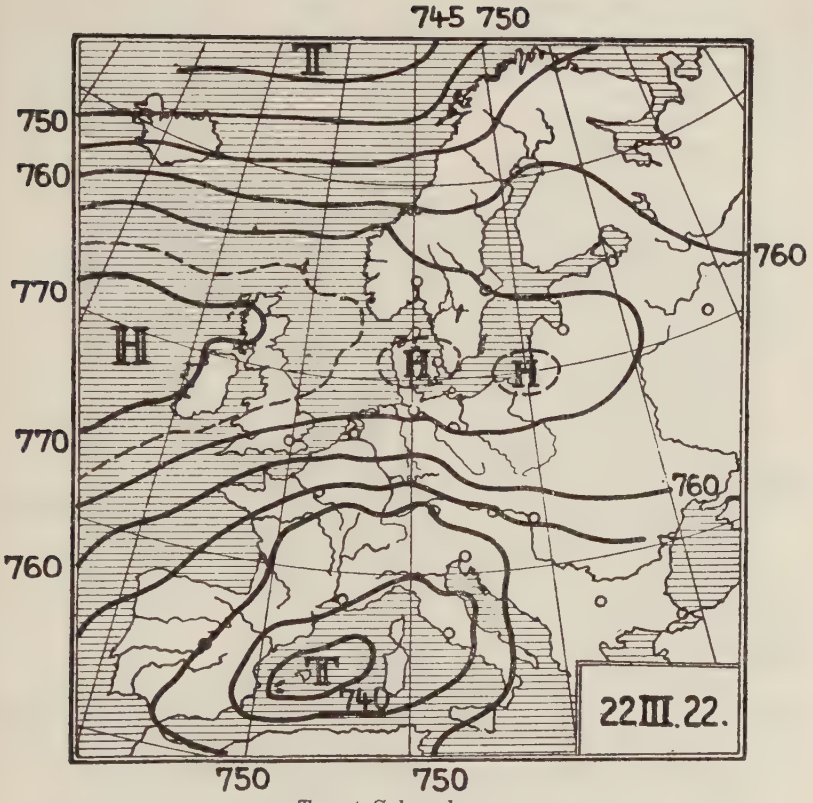
ozeanische Tief nach N und bildet das Islandtief. (Siehe Karte Typ 3.)



Typ 3 Brocken.

Die ersten beiden Typen zeigen eine große Ähnlichkeit in der Luftströmung insofern, als sie beide feuchte Luft vom Ozean heranbringen, im ersten Fall aus der Nordsee, und im zweiten aus der Biskaya-Bucht. Im dritten Fall kommt die Luft aus dem Nordmeer über die Ostsee.

Gewisse Ähnlichkeiten bestehen ebenfalls für die Schneekoppe, für welche vier verschiedene Arten von charakteristischen Wetterlagen vorliegen, obwohl nur drei markante Windrichtungen aufzufinden sind: N-, SW- und NW-Winde. Von den 38 Fällen verteilt sich auf die vier Typen folgende Anzahl: Typ 1 : 17, Typ 2 : 7, Typ 3 : 2 und Typ 4 : 11.



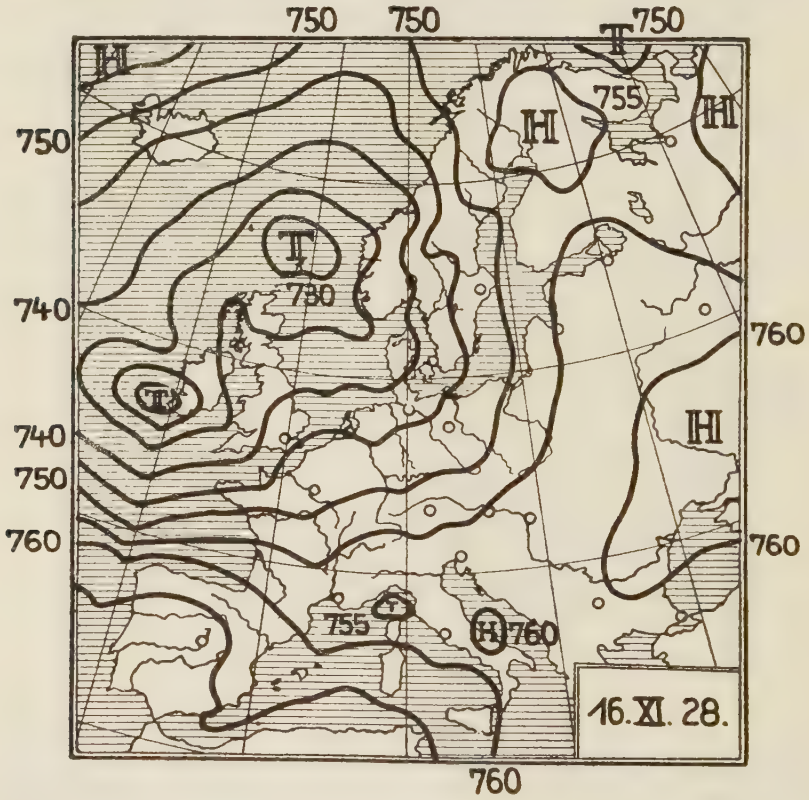
Typ 1 Schneekoppe.

Beschreibung der vier Typen:

1. Er ist der relativ häufigste von den vier Fällen, bei dem Winde aus NNW, N und NNE vorherrschend sind. Die Druckverteilung ist derart, daß ein kräftiges Hoch im W und NW, meistens über Großbritannien und der Nordsee liegt und über dem Mittelmeer eine Vb-Depression. Die Lage der beiden Aktionszentren ist durchaus nicht immer so einheitlich, im Gegenteil, das Hoch kann bedeutend weiter östlich und das Tief nördlicher und nordöstlicher gelagert sein, wie es z. B. am 30. September 1922 der Fall ist. (Siehe Karte Typ 1.)

2. W- und SW-Windwetterlagen sind die Merkmale für diesen Typ, der übrigens große Ähnlichkeit mit Typ 1 für den Brocken hat. Eine kräftige Zyklone liegt über Großbritannien und

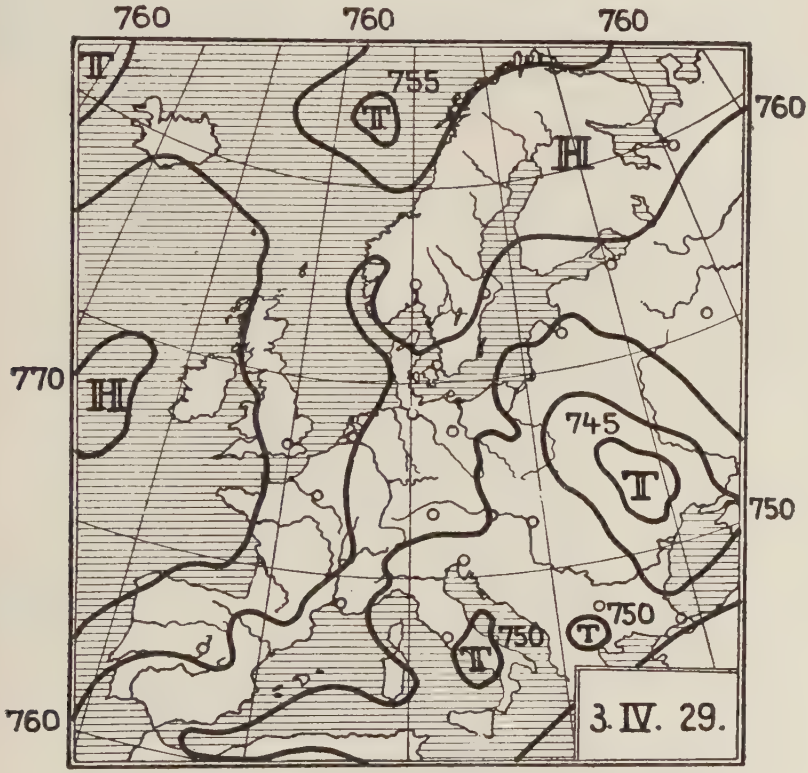
der Nordsee und über Spanien der Ausläufer des Azorenhochs. Mit Wasserdampf beladene Winde strömen aus dem letzteren von der Biskaya nach Mitteldeutschland. Die Zahl der vorkommenden Fälle mit 7 scheint mir dadurch auch so gering zu sein, daß die meiste Feuchtigkeit infolge des langen Weges zur Schneekoppe vorher entladen wird. (Siehe Karte Typ 2.)



Typ 2 Schneekoppe.

3. Eigentlich müßte man glauben, daß der Typ der NW-Winde, wie beim Brocken, auch hier häufig auftrete und so mitbestimmend für die Nebelfrostablagerungen sei. Diese Annahme trifft aber nicht zu, da gerade eine solche Wetterlage nur zweimal auftritt. Dieser Typ hat große Ähnlichkeit mit dem Typ 1, da nämlich auch hier ein ausgedehntes Hoch über dem Atlantik gegen Europa verstößt. Die Depression nimmt den Raum zwischen Donau und Ostsee ein, liegt also hier nordöstlich von jenem Tief

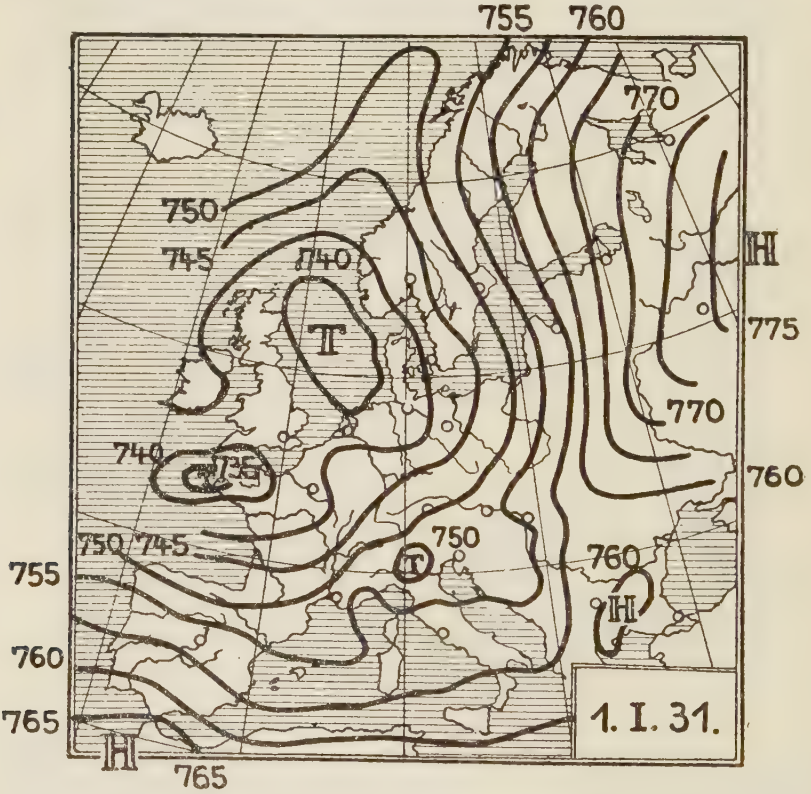
in Typ 1. Auch in diesem Falle ist der Weg vom Meer zur Schneekoppe bedeutend größer als zum Brocken, sodaß die Luftmassen ihren Feuchtegehalt auf dem Wege dorthin abgeben. (Siehe Karte Typ 3.)



Typ 3 Schneekoppe.

4. Die letzte, auf dem Brocken völlig fehlende Wetterlage ist nun etwas seltsam anmutend, zumal aus der Windverteilung der Schneekoppe keinerlei Rückschlüsse auf diesen Typus gemacht werden können. Wie bereits erwähnt, kamen Winde aus SE-lichen Richtung so minimal vor, daß man sie ohne weiteres vernachlässigen konnte. Nun tritt diese Erscheinung sogar noch recht häufig auf und zwar in 11 Fällen. Die Druckverteilung ist folgende: Über Großbritannien, dem Kanal und der Nordsee liegt eine Zyklone. Ein Weiterziehen nach Osten ist wegen des kräftigen Hochs über Rußland fast unmöglich. Vielmehr füllt

sie sich unter Heransaugen von gewaltigen Luftmassen aus dem SE auf. Diese Winde, auf der Schneekoppe als SSW oder S-Winde wehend, verursachen die starken Ablagerungen von Nebelfrost daselbst. Daß die Luftmassen mit unverminderter Stärke und wasserdampfreich solche gewaltigen Entfernungen zurücklegen, ohne vorher ihre Feuchtigkeit abzugeben, ist nur aus dem großen Druckgradienten über NW-Deutschland und Dänemark zu erklären, wodurch die Energie der Winde bedeutend erhöht wird. (Siehe Karte Typ 4.)



Typ 4 Schneekoppe.

h) Nebelfrostablagerungen in den Talstationen und die Beziehung der meteorologischen Faktoren zwischen Berg- und Talbeobachtungen.

Ein Vergleich der Verhältnisse der Nebelfrostablagerungen an den Bergstationen mit denen an den Talstationen, ob und in-

wieweit ein Zusammenhang zwischen beiden Orten in Bezug auf die meteorologischen Bedingungen bei den V-Bildungen besteht, dürfte lohnend sein. Für diese Untersuchungen verwandte ich die Veröffentlichungen des Preuß. Meteor. Instituts „Ergebnisse der Beobachtungen an den Stationen zweiter und dritter Ordnung". Im folgenden wird zunächst von der Talstation des Brokkens gesprochen und dann von der der Schneekoppe. Der Brokken hat seine Fußstation im Laufe der 13 Jahre zweimal gewechselt. Bis zum 1. Oktober 1922 war es die Station Wasserleben, nordöstlich vom Brocken in einer Entfernung von 14 km gelegen; Höhe 152 m. Nach diesem Zeitpunkt wurden die Beobachtungen in Helmstedt gemacht, ebenfalls im Nordosten gelegen. In einer Seehöhe von 137 m ist es vom Brocken ca. 50 km entfernt und aus diesem Grunde zum Vergleich weniger geeignet. Am 1. Juli 1924 wurde abermals gewechselt, und es ist bis jetzt Schmatzfeld geblieben, das eine bedeutend günstigere Lage zum Harz hat. Die Domäne Schmatzfeld — in einer Höhe von 192 m über NN an der Landstraße Wasserleben-Wernigerode — liegt noch in einer völlig ebenen und fast baumlosen Gegend und ist von den ersten Erhebungen des Harzes 6 km entfernt.

Zunächst wurden die Tage untersucht, an denen überhaupt Nebelfrost auftrat. In den Jahren 1920—1932 gab es nur 72 solcher, von denen nicht weniger als 8 Ablagerungen die Stärke 2 aufwiesen. Das Mittel im Jahr beträgt also fast 5 Tage, eine schon früher erwähnte Zahl für das durchschnittliche jährliche Auftreten von V im Flachland. Untenstehende Übersicht gibt für die einzelnen Jahre die Zahl mit V-Bildung in den 13 Jahren an.

1920	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
3	6	1	1	11	—	4	11	1	14	3	5	2

Die Ablagerungen sind nur im November und in den drei Wintermonaten in der Talstation zu finden, und zwar vom 12. November bis zum 2. März. Eine Ausnahme allerdings bildet der 21. 3. im Jahre 1929. Man erkennt deutlich drei Häufigkeitsstellen bei den V-Bildungen, und zwar liegt die erste vom 21. November bis 23. Dezember, die zweite vom 5.—30. Januar und die dritte und die markanteste fällt in die Zeit vom 11.—22. Februar. Die bei den V-Bildungen herrschenden Windrichtungen sind in Fig. 23 dargestellt. Hier liegen die Verhältnisse wesentlich anders als auf der Gipfelstation. Man erkennt drei Maxima, die aber in keinem Zusammenhang mit denen des Brockens selbst stehen. Während dort der SW, W und NW vorherrschend sind, handelt

Fig. 23.

Verteilung der Windrichtungen an der Talstation des Brockens bei V-*Ablagerungen (1920—32).*

es sich hier in erster Linie um den E-Wind. Die Anzahl dieser Winde bei den Ablagerungen ist 39 und übertrifft bei weitem alle anderen Richtungen. Hier geben die Zahlen keine Mittelwerte, sondern die tatsächlich vorhandenen an. Als weitere Hauptwindrichtungen sind der SE- und NW-Wind zu nennen (Windstillen = 10). Die Windstärken liegen natürlich erheblich unter den Werten des Brockengipfels, und zwar betragen sie im Mittel 2,5 B., zu den drei Terminen 2,1 (7 Uhr), 2,6 (14 Uhr) und 2,9 B (21 Uhr). Gerade umgekehrt verhalten sich die Temperaturen an Berg- und Talstation bei den V-Ablagerungen. Oben war, wie bereits vorher erwähnt, die mittlere Temperatur —4,1°, an der Fußstation beträgt sie —5,1°. Morgens hat sie ihr Minimum mit —7,2°, mittags den maximalen Wert —3,8° und abends beträgt sie —4,4°. Den Temperaturen entsprechend sind auch die Summen der V-Bildung zu den einzelnen Terminen verschieden groß. Diese Zahl nimmt vom Morgen zum Abend erheblich ab. Während es um 7 Uhr noch 43 sind, beträgt die Anzahl um 14 Uhr 26 und abends 17. Am wichtigsten ist nun das gleichzeitige Auftreten von Nebelfrost im Tal und auf dem Berg. Von allen an der Fußstation beobachteten Tagen mit V hat nicht einmal die Hälfte derselben Ablagerungen, die zur gleichen Zeit oben und unten entstehen. Von den 62 Tagen sind es nur 25. Zu untersuchen sind nun die Beziehungen zwischen Windrichtungen und -stärken an diesen 25 Tagen gleichzeitiger V-Ablagerungen. In der Tabelle 14 sind für diese Tage die Untersuchungen zusammengestellt.

Die mittlere Windstärke bei der Talstation ist 2,4 bei 4 Windstillen, auf dem Brocken selbst 4,5 B. Die Richtungen stimmen, abgesehen von 4 Fällen, ziemlich gut überein. Man erkennt eine Rechtsdrehung des Windes mit der Höhe, was bei dem Höhenunterschied von rund 1000 m schon deutlich zutage tritt. Gute Beispiele hierfür sind folgende: Am 23. 1. 1926 hat Schmatzfeld S 3 und der Brocken SW 8, am 4. 12. 27 ist die Richtung im Tal E 4, auf dem Gipfel SSE 6 und am 19. 2. 32 NW2 bezw. NNE 1.

Tabelle 14.

Datum	Winde 7	im 14	Tal 21	Winde 7	a. d 14	Berg 21	Abl. in cm a. d. Berg
2. 12. 21	SE6	—	—	ESE7	—	—	9
15. 12. 21	C	—	—	WSW2	—	—	2
28. 12. 23	E3	—	—	S6	—	—	10
5. 1. 24	NW2	—	—	NNW5	—	—	22
9. 1. 24	NNE2	—	—	SSW6	—	—	7
17. 1. 24	NE2	—	—	SSW5	—	—	13
12. 11. 24	—	—	E2	–	—	SSE5	6
17. 11. 24	C	—	—	E7	—	—	1
15. 12. 24	C	—	—	WSW5	—	—	7
21. 1. 26	E1	—	—	W5	—	—	5
23. 1. 26	S3	—	—	SW8	—	—	11
4. 12. 27	E4	—	—	SSE6	—	—	5
9. 12. 27	E1	—	—	ESE5	—	—	6
10. 12. 27	—	NNW2	—	—	NE3	—	13
11. 12 27	E2	—	—	NE3	—	—	10
5. 1. 29	—	—	E2	—	—	ESE7	11
6. 1. 29	E3	–	—	SSE5	—	—	4
13. 2. 29	NE1	NE2	—	NE5	ESE3	—	2
18. 2. 29	ENE3	—	—	SSE3	—	–	1
28. 2, 29	—	—	WNW3	—	—	NNE5	5
29. 1. 30	—	—	W1	—	—	SSE1	3
13. 1. 31	—	C	—	—	WSW1	—	1
29. 1. 31	—	—	E2	—	—	SSE1	11
14. 12. 31	—	NW5	—	—	W8	—	6
19. 2. 32	NW2	NW2	—	ENE3	NNE1	—	3

Die vier Abweichungen fallen auf die Tage: 2. 12. 21 unten SE 6, oben ESE 7, 11. 12. 27 E2 bezw. NE3, 29. 1. 30 W1 bezw. SSE 1 und 14. 12. 31 mit NW5 bezw. W8.

Abschließend sind für die Talstation des Brockens Untersuchungen aller V-Ablagerungen der Stärke 2 vorgenommen. In der Zeit von 1920 bis 1932 treten diese Fälle nur an folgenden 8 Tagen auf:

Tabelle 15.

	Abl.			Temp.			Rel. F.			Wind			Wolken		
Datum	7	14	21	7	14	21	7	14	21	7	14	21	7	14	21
1. 12. 21	—	2	2	—	−6,2	−5,1	—	95	93	—	SE5	SE6	—	$10'_{\equiv}$	$10'_{\equiv}$
2. 12. 21	2	—	—	−6,0	—	—	95	—	—	SE6	—	—	$10'_{\equiv}$	—	—
14. 12. 21	2	2	2	−11,0	−3,1	−6,6	90	91	89	C	SE2	SE2	$3^0_{\equiv}$	$3'_{\equiv}\odot$	$5^0_{\equiv}$
15. 12. 21	2	—	—	−3,9	—	—	86	—	—	C	—	—	$10'_{\equiv}$	—	—
14. 11. 24	—	2	2	—	−2,7	−4.2	—	98	96	—	E2	E3	—	$10^2_{\equiv}$	$10^2_{\equiv}$
13. 12 24	—	2	2	—	+0,9	−6,0	—	83	92	—	E2	C	—	$\odot$	$10^2_{\equiv}$
15. 12. 24	2	—	—	+1,9	—	—	72	—	—	C	—	—	$4^0\odot$	—	—
22. 2. 28	2	—	—	−5,1	—	—	98	—	—	ENE1	—	—	10^2	—	—
Mittel				−4,8	−2,8	−5,5	88	92	93						

Die einzelnen meteorologischen Elemente wurden mit denen aller Ablagerungen verglichen. Die Mitteltemperatur ist mit —4,4° um 0,7° höher als die oben besprochene. Auffallend hoch ist die Beobachtung des 7-Uhr-Termins mit —4,8°, die um 2,4° höher liegt. Die tiefste Temperatur beträgt um 21 Uhr —5,5°. Die relativen Feuchten, die auf dem Brocken fast ausschließlich 100 % betragen, liegen ebenso wie bei allen Talbeobachtungen auch hier bei 90 %.

Interessant sind die Windrichtungen und -stärken. Während bei allen Ablagerungen im Tal der E-Wind ein ausgeprägtes Maximum aufweist, der SE und NW weitere Hauptwindrichtungen darstellen, treten bei den außerordentlich starken Ablagerungen im Tal nur Winde mit östlicher Komponente auf. Hier überwiegt der SE-Wind mit 5 vor dem E-Wind und ENE-Wind. Die Stärke ist natürlich bei diesen Erscheinungen größer als bei allen Ablagerungen im Tal. Sie beträgt 3,2 B bei vier Windstillen im Vergleich zu 2,5 B der früheren. Damit ist auch im Flachland gezeigt, daß stärkere Nebelfrostablagerungen nur aus zwei Gründen zu erklären sind, nämlich einmal aus stärkeren Winden, wie gerade eben an diesem typischen Beipiel gezeigt wurde, und aus der Stärke des Nebels, die sich aus der Tabelle ergibt.

Somit ersieht man, daß sowohl auf dem Brocken, als in dessen Talstation die Voraussetzungen zur Entstehung und zum Wachsen der V-Ablagerungen ziemlich dieselben sind. Daß auf dem Observatorium etwas andere Ergebnisse gefunden wurden, dürfte aus der Höhenlage von 1140 m, also einem Höhenunterschied von rund 1000 m verständlich sein. Daraus erklärt sich auch der gewaltige Unterschied in der Zahl der Ablagerungstage und der Länge des gebildeten Nebelfrostes. Aber in den meteorologischen Elementen selbst ist die Ähnlichkeit eine recht große.

Zu demselben Resultat gelangt man bei den gleichartigen Untersuchungen an der Talstation der Schneekoppe, die Arnsdorf heißt. Sie liegt ungefähr 10 km nördlich der Koppe in einer Höhe von 427 m. Auch hier wurden während der Jahre 1920 bis 1932 die V-Erscheinungen beobachtet, und zwar sind es 111 Tage. Die größere Zahl gegenüber der Talstation des Brockens ist nur aus dem Höhenunterschied zu erklären, der 300 m beträgt. Auch hier tritt der Rauhfrost hauptsächlich in den Monaten November bis Februar auf. Man erkennt ebenfalls ganz klar drei Häufigkeitspunkte. Der erste fällt in die Zeit vom 14.—27. 12., der zweite in die vom 15.—26. Januar und der markanteste liegt zwischen dem 6. und 16. Februar. Auch diese Termine decken sich ausgezeichnet mit denen von Schmatzfeld. Das erste Auftreten über-

haupt liegt am 25. 10. 1922 und das letzte am 10. 4. 1931. Die 111 Tage weisen verhältnismäßig wenig Ablagerungen auf, da in der Hauptsache am Morgentermin V beobachtet wurde.

7 Uhr	14 Uhr	21 Uhr
103	11	8

Wenden wir uns nun den Windrichtungen zu, so finden wir, daß eine große Ähnlichkeit mit denjenigen der Brockentalstation besteht. Ein ausgeprägtes Maximum liegt beim E-Wind, ein zweites, aber bedeutend kleineres in der SE-Richtung. In weitem Abstand folgen W-, N-, SW- und NE-Winde. Der Vergleich der Richtungen in den beiden Talstationen ist in Fig. 24 dargestellt. Die Werte für Schneekoppe mußten wiederum mit einem Reduktionsfaktor (< 1) multipliziert werden, da sie fast doppelt so groß waren wie die für Schmatzfeld. Die Übereinstimmung ist gerade für Winde mit östlicher Komponente auffallend.

Die Windstärken nun sind in Arnsdorf sehr klein, und zwar betragen sie im Mittel nur 1,8 B bei 14 Windstillen. Trotz größerer Höhenlage sind die Werte geringer, vielleicht erklärlich aus der orographischen Lage. Es wurde fast ausschließlich Stärke 1 angegeben, besonders auffällig in den Jahren 1920—1925.

Die Temperaturverhältnisse zeigen auch für die Schneekoppe und ihre Talstation etwas Ähnliches wie bei dem Brocken, nur daß man hier von einer sogen. „Nebelfrost-Inversion" nicht sprechen kann. Aber im Verhältnis zur Mitteltemperatur auf dem Gipfel mit —6,6° ist auch die der Talstation mit —5,8° relativ zu hoch. Der tägliche Gang ähnelt ebenfalls dem von Schmatzfeld:

7 Uhr	14 Uhr	21 Uhr
—9,7°	—2,0°	—5,7°

Das gleichzeitige Auftreten von Nebelfrost in Berg- und Talstation ist von den untersuchten Tagen nur an 11 nachzuweisen. Verhältnismäßig schwache Winde wehen im Tal von einer mittleren Stärke von 1,5 B. (C = 2) im Gegensatz zu den starken Winden oben. Wiederum deutlich erkennbar ist eine Rechtsdrehung mit der Höhe. Die Temperaturen liegen für beide Stationen bedeutend höher als die Mittelwerte bei allen V-Ablagerungen. Sie betragen im Tal —7,2° und auf dem Gipfel —8,5°. Somit sind auch im Riesengebirge ähnliche Bedingungen zur Bildung von Nebelfrost vorhanden wie im Harz. Das Entstehen desselben an der Fußstation, an der nur schwache Winde, aber gleiche Temperaturen zu verzeichnen sind, findet wohl dadurch

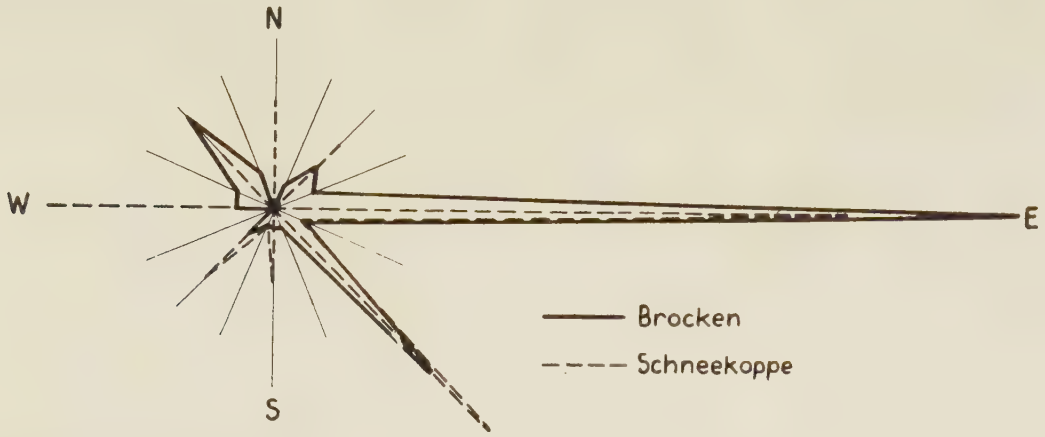


Fig. 24.

Verteilung der Windrichtungen in den Talstationen des Brockens und der Schneekoppe bei V-Ablagerungen (1920—1932).

eine Erklärung, daß die kalten Luftmassen des Nachts vom Gebirge vermöge ihres größeren spez. Gewichtes absinken und sich am Fuß desselben ansammeln. Dafür sprechen zunächst die Temperaturen am Morgen, die im Mittel an der Talstation des Brokkens —7,2°, an der der Schneekoppe —9,7° betragen, also tiefer liegen als auf den Bergen. Das ist also die bekannte Inversionserscheinung, die ich als „Nebelfrost-Inversion" bezeichne. Einen weiteren Beleg für diese Annahme geben die verhältnismäßig großen Zahlen bei den Ablagerungen um 7 Uhr, verglichen mit den beiden anderen Terminbeobachtungen. Eine schwache Windbewegung, als die sie wohl bezeichnet werden kann, genügt nun, um aus der kalten und ziemlich feuchten Luft an den Gegenständen den Nebelfrost absetzen zu lassen.

Zum Schluß läßt sich also zu den V-Bildungen in den Talstationen sagen, daß dieselben Faktoren, wie sie auf den Bergen für das Entstehen von Rauhfrost benötigt werden, auch hier erforderlich sind. Vorbedingungen sind niedrige Temperatur einer ziemlich feuchten Luftmasse und Wind, der dieselbe gegen Hindernisse bewegt. Die Anzahl der Tage mit solchen Erscheinungen ist natürlich in erster Linie von der Höhe der betr. Station abhängig.

III. Untersuchungen von V-Ablagerungen auf dem Hohenpeißenberg und der Zugspitze.

a) Nebelfroststudien auf dem Hohenpeißenberg.

Die Ergebnisse der V-Ablagerungen in den Mittelgebirgen haben wir an den beiden Bergstationen Brocken und Schneekoppe eingehend kennengelernt. Die Analogie der einzelnen Witterungsfaktoren war ziemlich groß. Um diese Untersuchungen weiter zu vervollständigen, wählte ich in Süddeutschland eine dritte Bergstation, die ebenfalls dreimal tägliche Terminbeobachtungen machte und Angaben über V-Ablagerungen enthielt. Diese ist der 50 km SW-lich von München gelegene Peißenberg. Gerade diese Station erschien mir wertvoll für die V-Studien, einmal, da sie mit seiner Höhe von 988 m so ziemlich der des Brockens gleichkommt, und zum andern, weil sie noch 50 km nördlich der ersten Alpenketten, also ziemlich frei und unbeeinflußt durch dieselben ist. Man bezeichnet den Peißenberg als Fußstation der Zugspitze, da seine Lage geeigneter ist als die Tallage von Garmisch-Partenkirchen. Anschließend muß also auch die Zugspitze zum Vergleich mit ihrer Talstation einer kurzen Betrachtung bezüglich des Rauhfrostes unterzogen werden. Die Methode der Bearbeitung des

Materials vom Hohenpeißenberg, für den übrigens ebenfalls die Jahre von 1920—1932 verwendet wurden, ist die der schon erwähnten Berge.

Beim Vergleich des Peißenberges mit Brocken und Schneekoppe ergibt sich ein großer Unterschied in Bezug auf die Zahl der Tage mit Ablagerungen. Auf dem Brocken waren es 128 und auf der Schneekoppe sogar 151 Tage. Der Peißenberg dagegen weist nur 13 solcher Tage auf. Man könnte eine Begründung dieser Tatsache in der Temperatur suchen, deren Werte in Fig. 25 dargestellt sind. Danach liegen die Temperaturen während der ersten sieben Jahre zwischen —4° und —5°. Dann springen sie

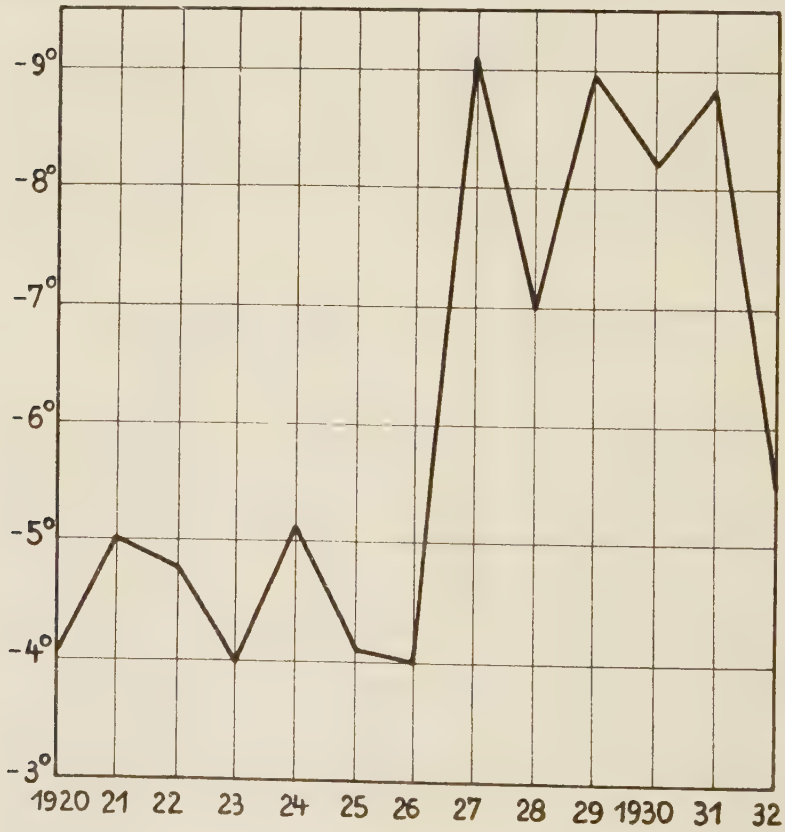


Fig. 25.

Mitteltemperaturen bei Ablagerungen auf dem Hohenpeißenberg (1920—1932).

auf 4° tiefere Werte. Die niedrigste Mitteltemperatur findet man bei —9,1°, die höchste bei —4,0°. Bis 1926 entsprechen sie fast den Werten des Brockens, nach diesem Zeitpunkt liegen sie etwas unter denen der Schneekoppe, müßten also für Ablagerungen besonders geeignet sein. Somit kann man in der Temperatur nicht den Hauptgrund für die auffallende Abweichung der Ablagerungen finden.

Interessant ist nun ein Vergleich der Temperaturen bei Ablagerungen mit denen der kalten Jahreszeit, wie man sie in Fig. 26 findet. Da das erste Auftreten von Rauhfrost nach dem Sommer in die Mitte des Novembers und das letzte winterliche auf Anfang März fällt, wurden die beiden ersten und letzten Monate jeden Jahres zum Bestimmen der Mitteltemperatur benutzt. Diese Kurve weist nur Temperaturen um den Gefrierpunkt auf. Die höchsten Werte mit +1,4° fallen in die Jahre 1920 und 1926, der tiefste mit nur —2,2° auf 1929. Ähnlichkeiten zwischen den beiden Temperaturkurven sind kaum festzustellen. Das Charakteristikum in Fig. 25, nämlich das Sinken von 1926 bis 1927 auf plötzlich tiefere Temperaturen, ist in dieser Figur durchaus nicht zu erkennen. Die einzige Ähnlichkeit beider besteht nur, mit Ausnahme der Jahre 1921—22 darin, daß Ansteigen und Fallen gleich-

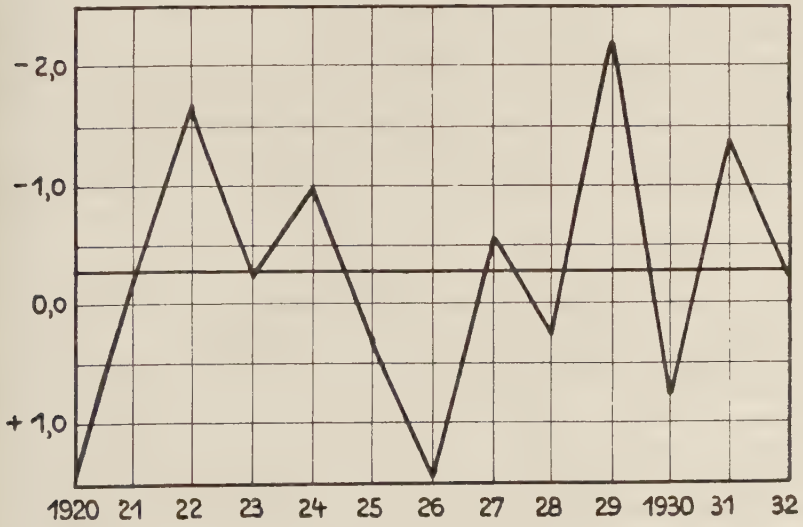


Fig. 26.

Mitteltemperaturen der Monate November bis Februar auf dem Peißenberg (1920—32).

zeitig zusammentreffen. Obwohl also bei den Ablagerungen tiefere Temperaturen auftreten, werden diese sicher weniger oft erreicht, da doch das Mittel aller Temperaturen bei nur —0,3 ° liegt.

Auch A. Huber[16]) bestimmte für die Jahre 1901—1910 auf dem Hohenpeißenberg die monatlichen Mittel der Temperatur und fand für November bis Februar folgende Werte:

	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	Mittel
Temperatur	+1,2	—0,8	—2,1	— 2,5	—1,05

Hieraus erkennen wir ebenfalls, daß die Temperaturen ziemlich hoch sind. Man erklärt diese Tatsache daraus, daß sich im Winter über der bayerischen Hochebene ziemlich kräftige Inversionen ausbilden, in deren Bereich noch der Peißenberg mit seinem Gipfel liegt. Diese Erscheinung ist also eine der Ursache für das geringe Auftreten von V-Ablagerungen.

Als weiterer Faktor spielt der Wind eine große Rolle. Die Figur 27 gibt uns die näheren Erklärungen und zeigt die Verteilung der Winde auf die einzelnen Richtungen bei den V-Bildungen. Das Typische eben für diesen Berg im Alpenvorland ist das Fehlen von Winden in den beiden südlichen Quadranten. Das Maximum liegt im NE-Quadranten bei den E-Winden. Es folgen NE-, W- und N-Richtungen. Ähnliche Ergebnisse fand wiederum Huber, der die prozentuale Verteilung wie folgt ermittelte:

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Jahr	3,4	14,7	10,3	4,4	2,1	11,3	41,9	8,9	3,2

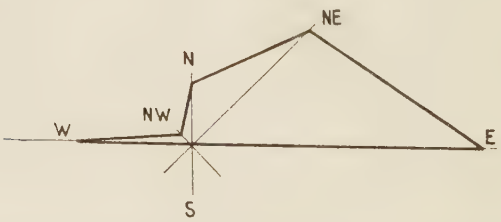


Fig. 27.

Verteilung der Windrichtungen bei Ablagerungen auf dem Hohenpeißenberg (1920—32).

[16]) No. 20.

Fast die Hälfte aller Winde hat westliche Richtung. Die Armut des Peißenberges an südlichen Winden erklärt A. Schmauß[17]). Südwinde auf der Zugspitze und E- und NE-Winde auf dem Peißenberg bringt er in kausalen Zusammenhang. „Wenn über die Alpen südliche Ströme wehen, kann der Hohenpeißenberg entweder in der Südströmung oder im Windschatten liegen oder es werden sich Saugwinde einstellen, welche zunächst als Nordwinde entstehen, durch das Gelände gezwungen in NE- bezw. E-liche Winde übergehen." In der Fig. 28 wird diese Theorie von Schmauß an Hand einer Darstellung wiedergegeben. Somit erklärt sich auch das Fehlen von Winden aus südlichen Richtungen. Durch den WE-Verlauf der Alpen wird auch die Luftströmung in Bahnen dieser Richtung gelenkt. Nun wird es klar, daß die V-Ablagerungen sehr selten auf dem Gipfel zu finden sind, da bei einem Überwiegen der Strömung aus E bezw. NE natürlich keine wasserdampfreiche Luft herangeschafft wird.

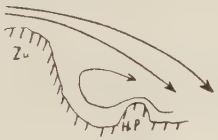


Fig. 28.

Die Windstärken sind in der vergleichenden Betrachtung mit anderen Berggipfeln ebenfalls sehr gering und betragen nur etwas über 3 B. Man sieht diese Werte in den 13 Jahren in Fig. 29 dargestellt. Sie schwanken in dieser Zeit zwischen 2 und 4 B., zwei relativ kleinen Werten.

Der Peißenberg ist also nicht ein Beispiel dafür, daß die Ablagerungen proportional der Höhe zunehmen, wie wir es an allen anderen Stationen deutlich sahen. Es spielt jedenfalls ein wichtigerer Umstand bei den Rauhfrosterscheinungen auf Bergen mit, nämlich die orographische Lage derselben bezüglich ihrer Umgebung. Der Kernpunkt bleibt aber stets die Luftströmung als Träger von wasserdampfreicher Luft und ihre Richtung. Das läuft wiederum auf die Depressionen und ihre Bahnen hinaus, die für den Hohenpeißenberg weniger wirksam sind infolge seiner südlichen Lage als für die beiden Berge in den Mittelgebirgen.

---

[17]) No. 36.

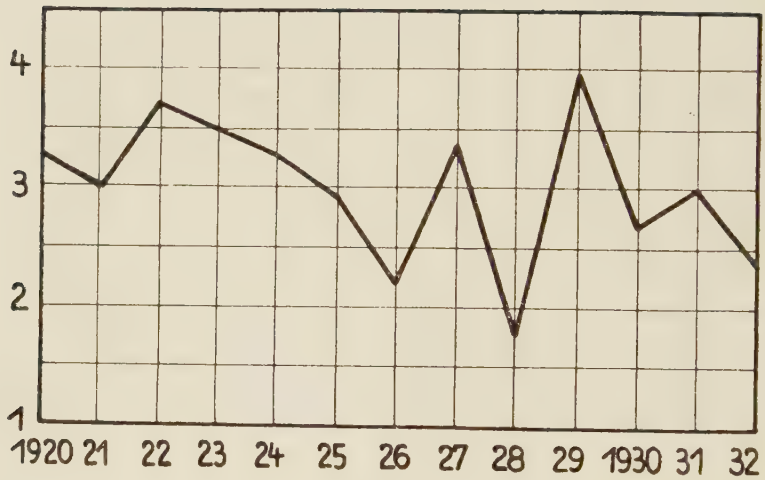


Fig. 29.

Mittlere Windstärke in Beaufort bei den Ablagerungen auf dem Hohenpeißenberg.

b) Nebelfroststudien auf der Zugspitze.

Unbedingt erforderlich ist anschließend ein Vergleich des Peißenberges mit dessen Bergstation, der Zugspitze, hinsichtlich der Nebelfrostablagerungen. Somit verlassen wir nun die Höhe der Mittelgebirge (1000—1600 m) und wenden uns dem Hochgebirge der Alpen zu, um auch hier einen Einblick in die meteorologischen Bedingungen der Rauhfrostbildung zu erhalten. Diese werden voraussichtlich ganz anderen Charakters sein, wie uns schon die Höhe von rund 3000 m erkennen läßt. Zum Studium der allgemeinen Verhältnisse verwandte ich ebenfalls die Zeit von 1920—1932, für die eingehendere Behandlung der einzelnen Faktoren die am charakteristischsten erscheinenden Jahre 1922 und 1931. Wenden wir die fast zur Gesetzmäßigkeit gewordene Regel an, daß die Zahl der V-Bildungen, mit Ausnahme des eben besprochenen, für Rauhfrost anormalen Hohenpeißenberges, mit der Höhe zunimmt, so müßten die höchsten Erhebungen der Alpen an fast allen Tagen im Jahr diese Erscheinungen aufweisen. Die Höhe der Alpenberge steht nun aber in keinem Zusammenhang mit dem soeben aufgestellten Satz. Vielmehr läßt sich von einer gewissen Höhe an das Entgegengesetzte nachweisen. Die Zahl

der Tage mit Ablagerungen ist in Fig. 30 für die 13 Jahre dargestellt, und man erkennt, daß sich dieselbe zwischen 110 und 190 Tagen im Jahr bewegt. Das Minimum haben die Jahre 1920 und 1921 mit 114 bezw. 117 Tagen, das heißt an nur jedem dritten Tag des Jahres wird Rauhfrost auf dem Gipfel abgelagert. Die höchsten Werte mit 187 und 177 fallen in die später näher untersuchten Jahre 1922 und 1931 und in dieser Zeit ist jeder 2. Tag ein solcher mit Nebelfrost. Der Mittelwert aller Ablagerungen liegt bei 145 Tagen im Jahr. Die Tabelle 16 zeigt uns diese Werte. (Siehe S. 77.)

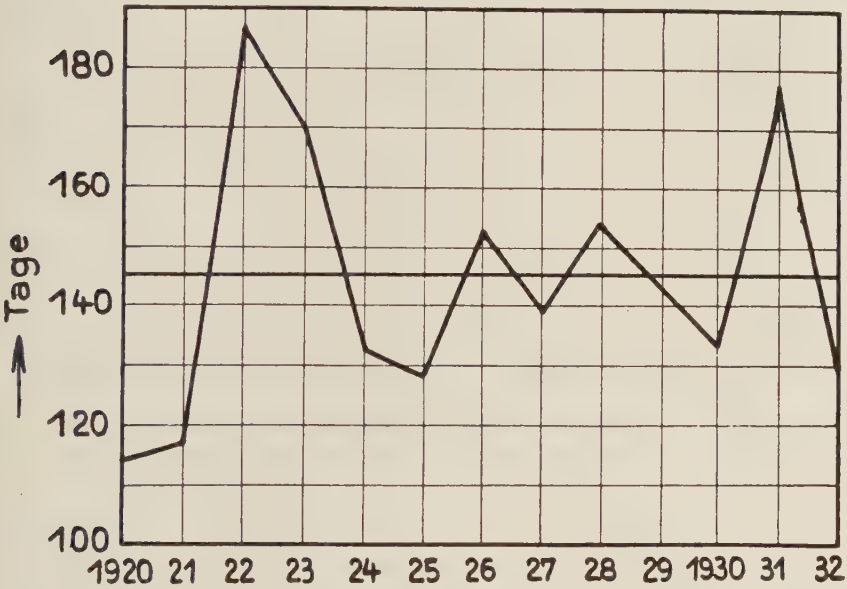


Fig. 30.

Zahl der Tage mit Rauhfrost auf der Zugspitze (1920—32).
——— mittlere Zahl der Tage.

Von den 164 Tagen mit Ablagerungen auf dem Hohenpeißenberg sind nur 38 solche mit gleichzeitiger V-Bildung auf der Zugspitze.

Bedeutend interessanter ist nun der jährliche Gang der V-Bildungen im Vergleich zu den früher behandelten Bergen, wie ihn uns die Fig. 31 wiedergibt. Hier sind die Mittelwerte der 13 Jahre, und zwar gleich auf einen mittleren Monatswert von 30 Tagen reduziert, in einem Kurvenverlauf dargestellt. Der sonst

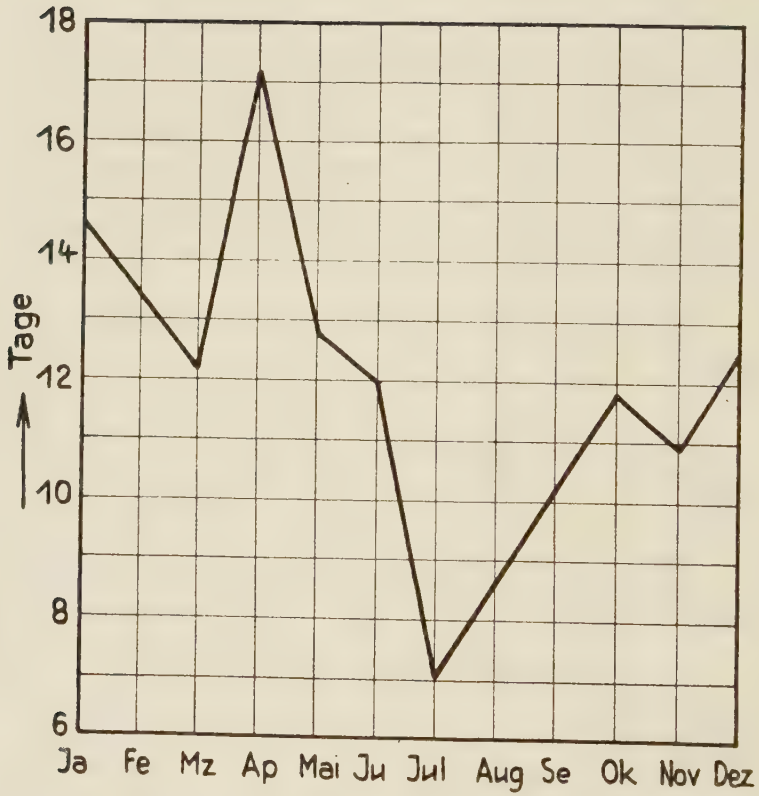


Fig. 31.

Jährlicher Gang der Zahl der Tage mit Nebelfrost auf der Zugspitze (1920—32).

typische Gang, Hochwerte in den beiden Wintermonaten und stetiger Fall beiderseits zum Sommer wird auf der Zugspitze nicht in so weitem Maße eingehalten.

Der große Unterschied liegt eben im April, der mit 17 Tagen Rauhfrostbildung ein ausgesprochenes Maximum bildet. Von hier sinkt die Kurve naturgemäß bis zum Juni mit nur 7 Tagen ab und steigt dann wieder langsam an bis zu 12½ Tagen im Dezember, nachdem der November abermals einen Tiefwert von nur 11 Tagen aufwies. Der Dezemberwert fällt fast mit dem des Monats März zusammen. Januar und Februar liegen bedeutend höher mit 14,7 und 13,2 Tagen.

Tabelle 16.

Anzahl der Tage mit Nebelfrost auf der Zugspitze 1920—32.

Jahre	Jan.	Febr.	Mrz.	Apr.	Mai	Jun.	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	S.
1920	15	6	8	15	7	13	6	12	10	5	4	13	114
1921	19	8	9	13	6	13	4	8	6	7	6	18	117
1922	26	19	17	24	13	12	12	4	15	16	16	13	187
1923	23	20	16	19	16	18	3	5	12	10	13	15	170
1924	12	16	8	21	9	12	11	14	6	12	3	9	133
1925	9	7	14	12	10	13	5	11	15	9	11	13	129
1926	18	15	16	11	18	16	10	8	7	10	7	17	153
1927	15	11	16	20	14	13	5	9	11	8	7	11	140
1928	14	13	13	14	16	13	3	8	7	15	23	16	155
1929	11	9	11	16	12	14	9	9	5	18	14	18	146
1930	10	6	12	19	19	—	10	9	9	17	14	9	134
1931	18	15	11	20	11	8	11	14	24	16	15	14	177
1932	8	14	14	20	21	11	6	5	1	17	9	4	130
Summe	198	159	165	224	172	156	95	116	128	160	142	170	1881
mittl. Werte	15,2	12,2	12,7	17,2	13,2	12,0	7,3	8,9	9,9	12,3	10,9	13,0	145
reduz. Werte	14,7	13,2	12,3	17,2	12,8	12,0	7,1	8,6	9,9	11,9	10,9	12,6	—

Unterschiedlich von dem Verlauf dieser Kurve ist der Gang der mittleren monatlichen Längen in cm, wie er für 1922 und 1931 in Fig. 32 dargestellt ist. Ohne die jährliche Periode verlaufen die

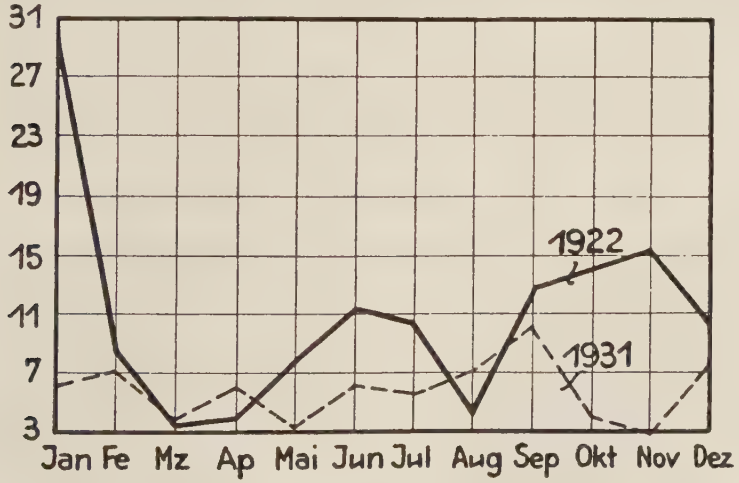


Fig. 32.

Tagesmittel der Ablagerungen in cm auf der Zugspitze.

beiden Kurven ziemlich willkürlich. 1922 nahmen die Längen in einzelnen Monaten beträchtliche Werte an. Das Maximum liegt im Januar mit einer mittleren Länge von 29,8 cm. In der Hauptsache handelt es sich um Ablagerungen von 3—11 cm. Jedenfalls erkennt man aus dieser Figur für die Ablagerungen nichts Charakteristisches. Gar nicht verwunderlich ist die Bildung von Nebelfrost während des ganzen Jahres, da sich hier die Abhängigkeit derselben von der Temperatur geltend macht. Das führte also zu Untersuchungen dieser Art in den schon erwähnten Jahren 1922 und 1931. Der jährliche Gang der Temperaturen bei den V-Ablagerungen ist für beide Jahre in Fig. 33 gezeichnet. Hier

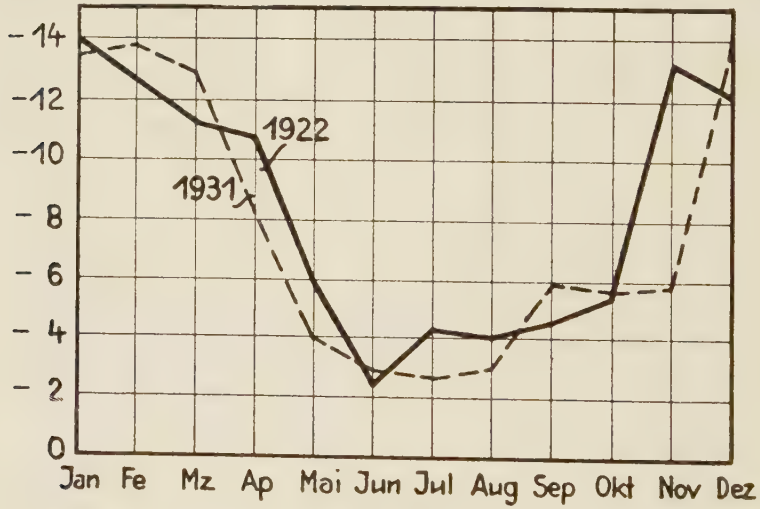


Fig. 33.

Temperaturen bei Ablagerungen auf der Zugspitze.

kommen nun das Wintermaximum und Sommerminimum sehr gut zum Ausdruck. Die Werte bewegen sich zwischen den Grenzen —2° und —15°. Die beiden Kurven haben einen ziemlich analogen Verlauf. Die tiefsten und höchsten Werte der Temperatur liegen im Jahr 1922 mit —14° im Januar und mit —2,5° im Juni, dagegen beträgt sie 1931 im Dezember —14,6° und im Juli —2,6°. Auch hier seien zum Vergleich die Mittel aller Temperaturen in den Jahren 1901—1910 wiedergegeben, wie sie A. Huber in seinem „Zugspitzklima“ [18]) mitteilt. Während das Mittel bei

[18]) No. 20.

den Ablagerungen bei —8° liegt, beträgt es hier —5,26°. Für die einzelnen Monate verteilen sich die Temperaturen folgendermaßen:

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
—11,3	—12,6	—10,6	—7,7	—3,2	+0,1
Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
+1,6	—1,8	—0,4	—3,2	—7,9	—9,8

Der kälteste Monat ist demzufolge also der Februar, wie man es auch im Jahr 1931 an der Kurve für Ablagerungen erkennt.

Bedeutend wichtiger sind die Winde, ihre Verteilung auf die einzelnen Richtungen und ihre Stärke. In Bezug auf die Richtungen läßt sich kurz sagen, daß diese nur in einem Quadranten vorkommen, nämlich im NW, während die Winde anderer Richtungen völlig bedeutungslos werden. Ferner stimmen die beiden Jahre auch ziemlich gut überein, sodaß man wohl behaupten kann, das in Fig. 34 wiedergegebene Bild gilt für alle Jahre mit

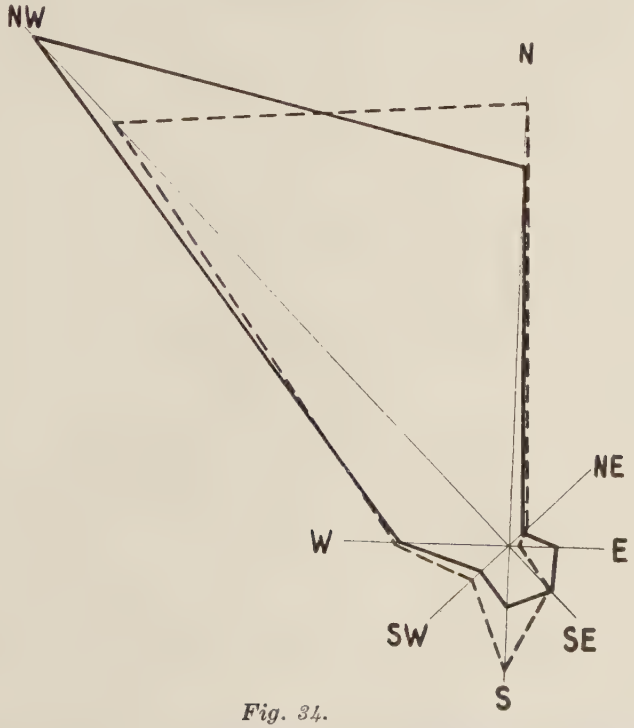


Fig. 34.

Verteilung der Windrichtungen auf der Zugspitze bei Ablagerungen.
— — — — 1922 ———— 1931.

Nebelfrosttagen. Das Maximum liegt beim NW-Wind (128 im Jahre 1931 und 76 1922), darauf folgt der Wind aus N (70 bezw. 58) und dann der W-Wind (20 bezw. 15). Von den anderen Richtungen sind nur noch die S- und SE-Winde mit ganz minimalen Werten zu nennen. Zum exakten Vergleich in der Figur mußten wiederum die Werte für 1931 mit dem Reduktionsfaktor 0,715 multipliziert werden. A. Huber machte für die Verteilung aller Winde auf die einzelnen Richtungen folgende Angaben:

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Jahr	14,8	3,2	2,8	12,5	10,7	9,0	11,8	28,6	6,6

„Im Jahresdurchschnitt", so sagt Huber, „fällt die größte Häufigkeitszahl auf den NW-Wind, viel geringere weist der N-Wind auf. Relativ oft ist auch der SE."

Die Stärke ist trotz der großen Höhe nicht einmal so erheblich. Sie liegt, wie man auch aus der Fig. 35 erkennt, zwischen 3 und 5 B im Gegensatz zu den großen Stärken auf Brocken und Schneekoppe. Das Maximum der Stärke bei den einzelnen Richtungen bestimmte wiederum Huber, und er fand auch die eben gefundenen Werte, die sich folgendermaßen auf die 8 Windrichtungen verteilen:

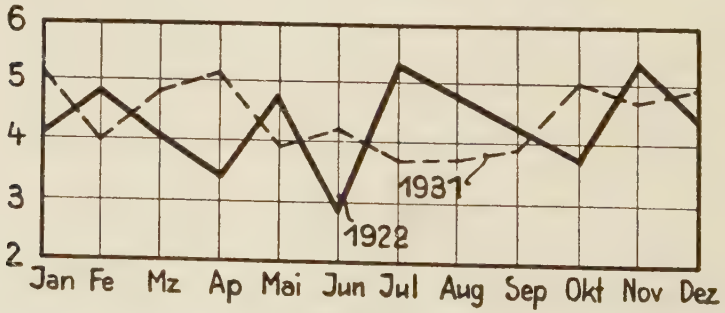


Fig. 35.

Mittlere Windstärke bei Ablagerungen auf der Zugspitze.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Max. d. Stärke	2—5	2—5	5—10	2—5	5—10	2—10	2—5	5—10

Gerade der N-Wind, als Maximum der Richtungen, hat die größeren Stärken, die für die Rauhfrostbildung von wichtiger Bedeutung sind.

Die Feuchtigkeit der Luft ist auf der Zugspitze mit nur geringen Ausnahmen 100 %, natürlich nur bei den V-Ablagerungen, sonst findet man bei Huber Werte zwischen 75 % und 90 %, im Mittel 84 %.

Die Zahl der Tage mit Nebel hat im Winter mit 14,7 im Januar und 15,2 im Dezember ihr Minimum und im Sommer mit 25,8 im Juni ihr Maximum. Ferner erwähnt er noch die prozentuale Verteilung des Nebels auf die Windrichtungen und hat auch hier den NW-Wind als den Hauptträger von Nebel gefunden:

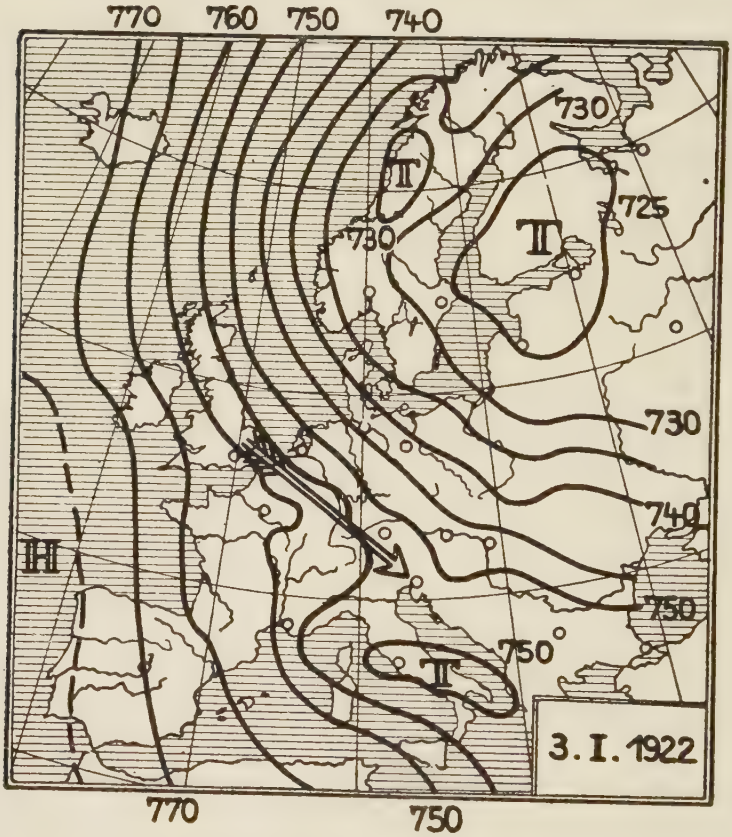
Tabelle 17.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
proz. Vert. v. Nebel	20,3	3,2	2,0	7,9	3,4	3,2	9,0	46,2
Red.	49,1	35,7	24,8	22,7	11,2	12,7	27,4	57,6

In der 2. Spalte reduzierte er die Daten auf die gleiche Windzahl 100, sodaß also auf 100 NW-Winde 58mal Nebel, auf 100 S-Winde nur 11 mal Nebel trifft. Die Häufigkeit der N- und NW-Winde muß also durch eine auf der Zugspitze häufig auftretende Wetterlage charakterisiert sein. „N- und NW-Winde", führt A. Huber hierzu aus, „hängen eng zusammen mit der Rückseite abziehender Depressionen. Der im Winter, Herbst und Frühling häufige SE verdankt im allgemeinen wohl einer heranziehenden Mittelmeerdepression seine Häufigkeit." Hierzu untersuchte ich in jedem der beiden Jahre vier Wetterlagen und fand immer dieselbe Luftdruckverteilung, von der ich die charakteristischste hier gewissermaßen als Typ für NW- und N-Wetter schildern werde. Es handelt sich um den 3. Januar 1922. Wie bereits gesagt, ist die Zugspitze gerade im Gebiet der abziehenden Depression, also an der Rückseite derselben. Der Kern von ihr mit 725 mm liegt über den russischen Ostseeprovinzen. Im SW Europas befindet sich der Ausläufer des Azorenhochs, der in Deutschland NW-liche Strömung hervorruft. Die Zugspitze meldet NNW-Wind bei einer Temperatur von —10° und Schneetreiben. Ein kleineres Tief liegt noch über Italien, das für das Wettergeschehen in Deutschland aber belanglos ist.

Auch für die Zugspitze gilt wiederum als das wichtigste Moment bei der Rauhfrostbildung die Luftströmung und die mit ihr zusammenhängenden Depressionen und ihre Bahnen. Man müßte annehmen, da das winterliche Niveau der Wolken so tief liegt und der Gipfel dann fast immer frei herausragt, daß dort wenig Ablagerungen zu verzeichnen sind. Aber im Gegenteil tre-

ten diese auf, wenn durch den von N gegen die Alpen gerichteten Luftstrom Kondensation und Wolkenbildung stattfinden und somit kalte, gesättigte Luft über den Gipfel hinwegstreicht.



IV. Nebelfrostuntersuchungen auf dem Sonnblick.

Wenden wir jetzt unseren Blick einmal auf einen Berg innerhalb des Alpengebietes und untersuchen dort die Nebelfrostverhältnisse. Hierfür kam der 3044 m hohe Sonnblick in den Hohentauern in Frage, zumal auch bei ihm dreimal tägliche V-Beobachtungen vorlagen. Leider standen mir nur die Jahre 1920—1929 und 1932 zur Verfügung. Aber diese genügten schon, um mir hinreichenden Aufschluß über die Verhältnisse der Nebelfrostablagerungen in den Zentralalpen zu geben. Wichtig zum Vergleich ist zunächst die mittlere jährliche Zahl der Ablage-

rungstage. Während auf der Zugspitze noch 145 solcher zu finden waren, ist die Zahl hier erheblich tiefer und beträgt nur noch 26,5 Tage. Für die einzelnen Jahre sind die Werte in Fig. 36 dargestellt; diese liegen zwischen nur 11 (1927) und 47 Tagen (1925). Somit sind es also jährlich rund 100 V-Tage weniger als auf der Zugspitze, was wiederum nur aus der Lage zu erklären ist. Der Sonnblick liegt nämlich noch 150 km östlich der Zugspitze und ist, wie wir aus den Winden sehen werden, von anderen Depressionen beeinflußt.

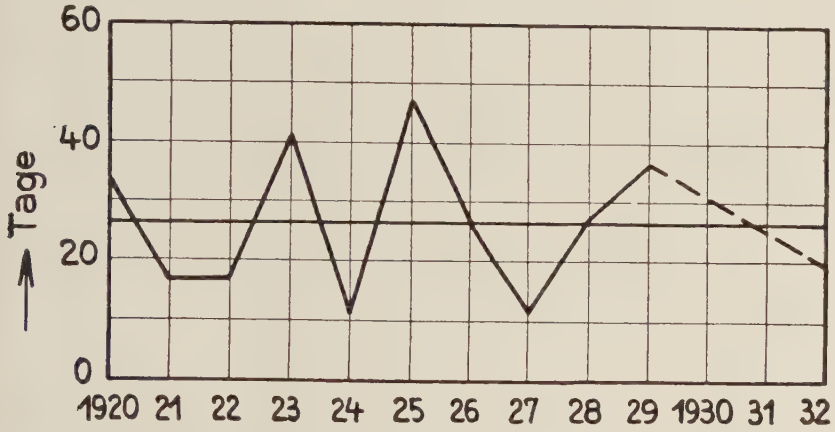


Fig. 36.

Zahl der Tage mit Rauhfrost auf dem Sonnblick (1920—32).
———— mittlere Zahl der Tage.

Der jährliche Gang der Ablagerungen kommt dem der Zugspitze ziemlich gleich, dagegen sind die Werte bedeutend kleiner als auf dem eben genannten Berge. Aus den Fig. 31 und 37 ersieht man, wie sich die Maximal- und Minimalwerte auf das Jahr verteilen. Auf der Zugspitze (Fig. 31) bildeten der April ein ausgeprägtes und der Oktober ein sekundäres Maximum, der März, Juli und November Minima. Auf dem Sonnblick ist diese Erscheinung wesentlich klarer. März und Oktober sind mit je 4,2 bezw. 4,1 Tagen die Hochpunkte, während das Winterminimum mit 1,9 Tagen in den Januar, das im Sommer mit nur 0,8 Tagen auf den Juli fällt. Dies steht, wie wir sehen werden, mit den Nebeltagen und der monatlichen Verteilung der Windstärken in enger Verbindung.

Zunächst wollen wir aber die Temperaturen bei den V-Ablagerungen besprechen, wie sie in Fig. 38 dargestellt sind. Der Maximalwert liegt 1926 bei —5,4°, der minimale 1924 bei —12,6°.

Der Mittelwert aller Temperaturen bei der Rauhfrostbildung beträgt —8,2°, entspricht also dem auf der Zugspitze. In einigen Jahren erreichen die Temperaturen Werte bis zu —20° und darunter. Der in dieser Zeit niedrigste Wert bei Ablagerungen beträgt —24,4° im Jahre 1923. Es liegen also diese Temperaturen auch nicht viel tiefer als auf den Mittelgebirgen.

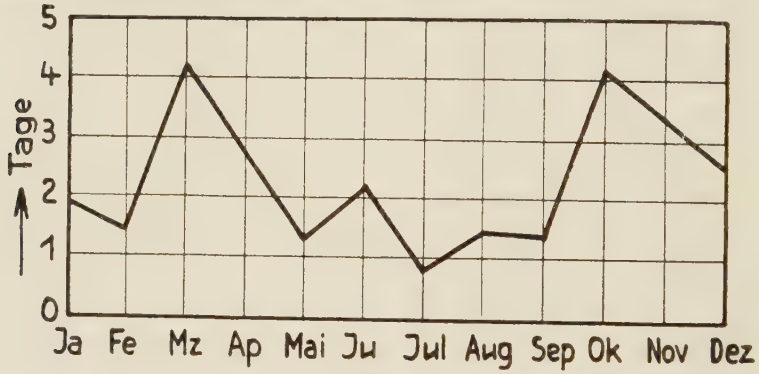


Fig. 37.

Jährlicher Gang der Zahl der Tage mit Nebelfrost auf dem Sonnblick (1920—29 und 1932).

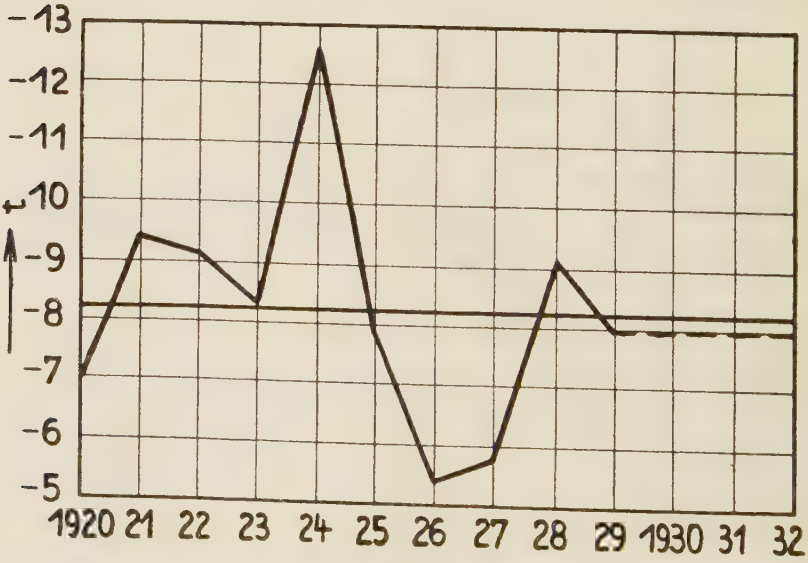


Fig. 38.

Jährliche Mitteltemperaturen auf dem Sonnblick bei Ablagerungen.

Zum Vergleich ziehen wir jetzt die gefundenen Mitteltemperaturen von Hann[19]) (1851—1880) und A. Huber[20]) (1901—1910) heran, wie sie die Tabelle 18 zeigt.

Tabelle 18.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli
Hann	—12,9	—13,0	—11,8	—8,0	—4,6	—1,0	+1,4
Huber	—13,3	—14,6	—12,6	—9,0	—4,3	—0,9	+0,8

	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Hann	+1,5	—1,0	—4,6	—9,7	—12,4	—6,3
Huber	+1,0	—2,6	—4,7	—9,6	—11,7	—6,8

Beide kommen zu denselben Resultaten trotz der ganz verschiedenen Zeiträume. Zu erwähnen ist eben der Februar, der bei beiden als kältester Monat gefunden wurde. „Bemerkenswert ist", so sagt Hann, „daß gerade im März so häufig sehr niedrige Temperaturen auftreten. Dieser Monat hat auch das tiefste mittlere Monatsminimum." Diese Tatsache dient also schon zur Erklärung des in Fig. 37 gefundenen Maximums im März.

Die Windverteilung bei Ablagerungen ist nun wesentlich verschieden von der der Zugspitze. In den beiden Quadranten NW und SE fehlen die Winde so gut wie ganz und bilden dementsprechend in den beiden anderen ihre Maximalwerte, wie man auch aus der Fig. 39 ersieht. NE- und W-Winde kommen am häufigsten vor mit 55 bzw. 45. In kurzen Abständen folgen WSW- und NNE-Wind. Wiederum wurde Hann zum Vergleich herangezogen und die gestrichelte Kurve gibt seine, also die allgemeine Windverteilung wieder. Danach ist das ganze System nach links verschoben, d. h. der N-Wind und der SW-Wind sind die Maxima auf dem Sonnblick.

Die mittlere Stärke des Windes hat für eine Höhe von 3000 m mit 3,8 B bei den V-Bildungen einen relativ kleinen Wert; genau dasselbe galt bereits für die Zugspitze. Hann gibt in „folgenden Zahlen an, an wieviel Tagen in jedem Monat durchschnittlich eine Windstärke von 6—10 vorkommt" und findet folgende Werte:

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August
12,3	9,9	12,7	10,5	10,2	7,3	4,7	7,3

	September	Oktober	November	Dezember
	6,2	10,5	8,7	10,8

[19]) No. 11.
[20]) No. 20.

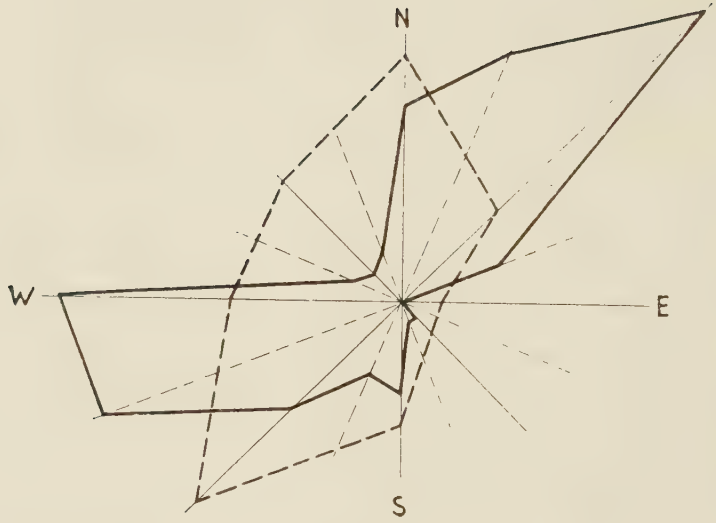


Fig. 39.

Windverteilung bei den Ablagerungen auf dem Sonnblick ————
Allgemeine Windverteilung — — — — (1920—28 und 1932).

Die unterstrichenen Zahlen sind nun für die Maxima der Ablagerungen im März und Oktober ausschlaggebend oder erklären jedenfalls einen Teil dieser Erscheinung. Früher hörten wir, daß sich die Ablagerungen proportional zu den Windstärken bilden. Wenn nun also, wie Hann im Mittel fand, der März das absolute Maximum, der Oktober allerdings nur ein für die Umgebung relatives Maximum der Zahl der Tage mit großen Windstärken darstellt, so ist erklärlich, daß gerade hier viele Tage und V-Ablagerungen auftreten. Eine gewisse Ähnlichkeit des Kurvenverlaufs mit dem der Fig. 37 ist schon vorhanden. Mit der mittleren Zahl der Tage für Nebel verhält es sich ebenso, wie Hann feststellte:

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August
14,4	14,7	20,7	21,5	22,0	22,0	23,8	20,0

September	Oktober	November	Dezember	Jahr
19,7	21,2	16,0	13,0	229

Verhältnismäßig hohe Werte weisen auch hier die beiden charakteristischen Monate auf, was besonders beim Oktober mit 21,2 hervortritt.

Für die günstigste Rauhfrostbildung auf dem Sonnblick kommt folgende Wetterlage in Frage: Über NW oder W-Europa liegt ein Maximum, dagegen in Südeuropa ein Tief. Bei dieser Druckverteilung kommen kalte, feuchte Luftmassen aus dem Norden gegen die Alpen.

Zusammenfassend kann also für die V-Ablagerungen in den Alpen gesagt werden, daß für die verschiedenen Berge die Häufigkeit höchst verschieden ist, daß aber dieselben meteorologischen Bedingungen, wie Temperatur, Feuchtigkeit und Windstärke vorhanden sind. Doch haben Windrichtung und Druckverteilung nach der Lage der einzelnen Stationen einen anderen Charakter. Diese wiederum bestimmen die Mengen des abgelagerten Nebelfrostes und die Zahl der Tage, an denen er auftritt.

Zwischen den Alpen und Mittelgebirgen besteht hinsichtlich der Menge des abgelagerten Nebelfrostes bei sonst gleichen meteorologischen Bedingungen ein großer Unterschied. Die größere Menge in den Mittelgebirgen erklärt sich aus der oben angeführten Tatsache, daß diese Berge den Hauptbahnen der Depressionen näher liegen.

V. Das Ben Nevis-Observatorium in Schottland.

Als Typus der Rauhreif ablagernden Berge wird in der Literatur oft der Ben Nevis in Schottland genannt. Schon Hann[21]) sagt von ihm: „Die Lage des Ben ist außerordentlich günstig. Er ist die größte Erhebung der britischen Inseln, steigt aus dem Meer bis 1443 m auf und kommt unseren Berggipfeln an Erhebung gleich. Über dem Ben Nevis passieren während des Winterhalbjahres öfter die Barometerminima des Ozeans, was interessante und wichtige Beobachtungen gestattet." Alle Faktoren begünstigen in reichem Maße die Rauhfrostbildung, besonders ausschlaggebend wirkt aber das letzte Moment. Da nun dem Brocken, wie wir vorher sahen, eine ohnehin günstige Lage zuteil ist, indem nämlich die Depressionen ihre Bahnen nördlich von ihm zu nehmen pflegen und er somit häufig im Bereich der südwestlichen feuchten Strömung liegt, „stellt er", wie Aßmann[22]) sagt, „in seiner Beziehung zu den barometrischen Depressionen gewissermaßen eine Ergänzung seines schottischen Vetters dar, des Ben Nevis, der inmitten der am häufigsten eingeschlagenen Zugstraßen liegt, während der Brocken deren südliches Randgebiet einnimmt. Die meisten Minima, welche die Nordsee kreuzen, haben den Ben auf ihrer nördlichen, den Brocken auf ihrer südlichen Seite."

---

[21]) No. 12.

[22]) No. 5.

Rauhreifbeobachtungen sind auf dem Observatorium von 1885—90 gemacht, aber nicht veröffentlicht. Daher halte ich mich an die Darstellung, wie sie uns R. C. Mossman [23]) gibt. Die Hauptmonate für die Ablagerungen sind ebenfalls November bis März und zwar wurden in den erwähnten Jahren nur 198 Fälle beobachtet. Die mittlere Dauer jeder Erscheinung war 4½ Stunden. Tabelle 19 gibt uns den jährlichen Gang der Fälle, der Stunden und der mittleren Dauer der Nebelfrostablagerungen wieder.

Tabelle 19.

	Jan.	Febr.	Mrz.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	S.
Fälle	34	28	27	11	11	8	—	3	4	12	29	30	198
Stunden	199	149	93	53	20	27	—	7	10	38	96	181	873
Mittlere Dauer	5,9	5,3	3,4	4,8	1,8	3,4	0	2,3	2,5	3,2	3,3	6,0	4,4

Man erkennt also in dieser Darstellung die große Ähnlichkeit des Ganges der Ablagerungen mit dem des Brockens. Ein Unterschied besteht nur insofern, als die Zahl der Fälle auf dem Ben viel geringer ist. Sie beträgt in den sechs Jahren nur 198, eine Zahl, die der Brocken fast in einem Jahr erreicht. Bei den Untersuchungen der beobachteten Fälle ergaben sich 137 Tage mit Rauhfrost im Minimum und 61 solcher im Maximum. Die mittlere Dauer der Bildung bei niedrigem Druck betrug 3,2, bei hohem sogar 7,6 Stunden. Die Wetterlage bei Hochdruck über dem Ben war folgende: der Kern einer Zyklone liegt vor der NW-Küste Norwegens und die Antizyklone füllt den Raum Süd-England-Island aus. Bei zyklonaler Lage auf dem Ben befindet er sich im Gebiete des Tiefs selbst, dessen Kern dann vor der NW-Küste Norwegens liegt, während sich die Antizyklone nach dem Süden erstreckt und über der iberischen Halbinsel lagert. Interessant sind nun die Angaben der Temperaturen, wie man sie bei den Nebelfrostablagerungen auf dem Ben Nevis findet. Die folgende Tabelle 20 zeigt die Zahl der Stunden, in denen V bei verschiedenen Temperaturen auftritt:

Tabelle 20.

	Unt. 25 ° F (—3,9 ° C)	25—26 (bis —3,3)	26—27 (bis —2,8)	27—28 (bis —2,2)	28—29 ° (bis —1,7)
Cykl.	4	2	12	28	46
Antic.	3	6	7	28	40

	29—30 (bis —1,1)	30—31 (bis —0,6)	31—31,9 ° (bis —0,1)
Cykl.	84	102	130
Antic.	86	127	168

[23]) No. 29.

Die niedrigste Temperatur überhaupt hatte den Wert von —7,8°. In nur ganz geringen Fällen wurden Ablagerungen unter —2,8°C beobachtet. Zwischen —1,7° und —0,1° lagen 90% aller Fälle. Die Temperaturen bei den V-Bildungen sind also bei weitem höher als die allgemeinen Mittelwerte, die Alexander Buchan [24]) für die sechs kalten Monate mit folgenden Daten angibt:

Jan.	Febr.	Mrz.	Apr.	Nov.	Dez.
—3,7	—5,0	—4,8	—3,1	—2,3	—4,2.

Hierin unterscheidet sich der Ben von allen anderen Bergen.

Die Verteilung der Winde auf die einzelnen Richtungen hat nun große Ähnlichkeit mit der des Brockens. Unter cyklonalen Bedingungen herrschen nur solche mit westlicher Komponente vor, nämlich SW-, W- und N-Winde und bei anticyklonalen SW-, W- und NW-Winde. Bei Winden mit östlicher Komponente sind Ablagerungen sehr selten, wie man auch aus der Tabelle 21 sieht, in der bei Zyklonen und Antizyklonen die Verteilung der Winde auf die Richtungen in Prozenten wiedergegeben sind.

Tabelle 21.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW
Cykl.	12	3	7	—	1	1	3	1	10	8	16
Antic.	14	1	3	—	—	—	—	—	2	3	19
Mittl.	13	2	5	—	1	1	2	1	6	5	18

	WSW	W	WNW	NW	NNW	Calmen
Cykl.	6	14	3	9	4	2
Antic.	4	19	10	16	6	3
Mittl.	5	16	7	12	5	3

Die mittlere Windstärke bei den Ablagerungen ist 5 B. in dem cyklonalen Fall und etwas weniger bei Hochdrucklage. Windstillen waren bei der Rauhfrostbildung sehr selten. Nach Angaben über dreistündliche Beobachtungen kann man recht gut auf die Hauptzeiten der Ablagerungen am Tage schließen. Bei V-Bildungen in Cyklonen sind folgende Zeiten besonders günstig: zwischen 3 und 6 Uhr morgens, mittags bis 15 Uhr und abends zwischen 18 und 21 Uhr, und in Hochdruckgebieten in der Hauptsache die Zeit nach Mitternacht und der frühe Vormittag. Die bei den Erscheinungen auftretenden Wolkenformen, die kurz vorher und während der Entstehung auftreten, sind in der Hauptsache Cum.-

[24]) No. 7.

str., wie sie Mossman nennt, und Str.. Somit kann man also bei der vergleichenden Betrachtung des Ben Nevis mit dem Brocken von einer Verwandtschaft in den meteorologischen Entstehungsbedingungen der Nebelfrostablagerungen sprechen und ist auch berechtigt, gerade diese beiden europäischen Berge zusammen zu nennen.

VI. Wetterlagen bei V-Ablagerungen auf 11 europäischen Bergen.

Hierzu verwandte ich alle Berge, deren Publikationen mir zur Verfügung standen und die dreimal tägliche Beobachtungen und Rauhfrosteintragungen machten. Auch konnte ich diesen Gedanken nur für das Jahr 1910 zur Durchführung bringen. Außer den 5 von mir schon eingehend behandelten Bergen: Brocken, Schneekoppe, Peißenberg, Zugspitze und Sonnblick bearbeitete ich noch Donnersberg, Säntis, Bjelašnica und die drei französischen: Puy-de-Dome, Mont-Ventoux und Pic-du-Midi.

Zunächst sollen von jeder der letztgenannten Stationen einige Angaben über die Ablagerungen und die zur Zeit der V-Bildung herrschenden Faktoren gemacht werden.

Der 840 m hohe Donnersberg, unweit der Schneekoppe gelegen, hat nur 31 Tage mit Rauhfrost im Jahr. Seine Hauptwindrichtungen sind SE- und S-Winde mittlerer Stärke, die sicherlich von dem NW- SE-lichen Verlauf der Gebirge herrühren.

Der Säntis in den Schweizer Alpen bietet nun eine gute Vergleichsmöglichkeit zu den beiden vorher besprochenen Bergen des Hochgebirges. Mit seinen 2500 m erreicht er fast die Höhe von Sonnblick und Zugspitze. Er weist nur, obwohl er westlich der Zugspitze liegt, verhältnismäßig wenig Tage mit Rauhfrost auf. Es handelt sich um 60 in dem erwähnten Jahr. Bei ihm ist zur Zeit der Ablagerungen nur eine Hauptwindrichtung vorherrschend, nämlich der WSW-Wind. Die Stärken liegen zwischen 2 und 3 B. Die Temperaturen haben entsprechend der Höhe der Station ziemlich niedrige Werte.

Südlich des 45° n. Br. liegen nun die vier übrigen Bergobservatorien, von denen ich mich zunächst zur Bjelašnica in Bosnien wende. Schon C. Kaßner[25]) stellte hier Nebelfrostuntersuchungen an und maß am 20. 2. 1902 eine Länge von 1,6 m. Hierüber sagt er: „Die gegen Süd gerichteten Rauhreifspitzen haben eine Maximallänge von 2,8 m erreicht. Die Bildungsdauer betrug 3 Tage bei schwachen Südwinden und bei —3,0°." Weiter ermittelte er die Temperaturen und fand für die einzelnen Monate folgende Werte:

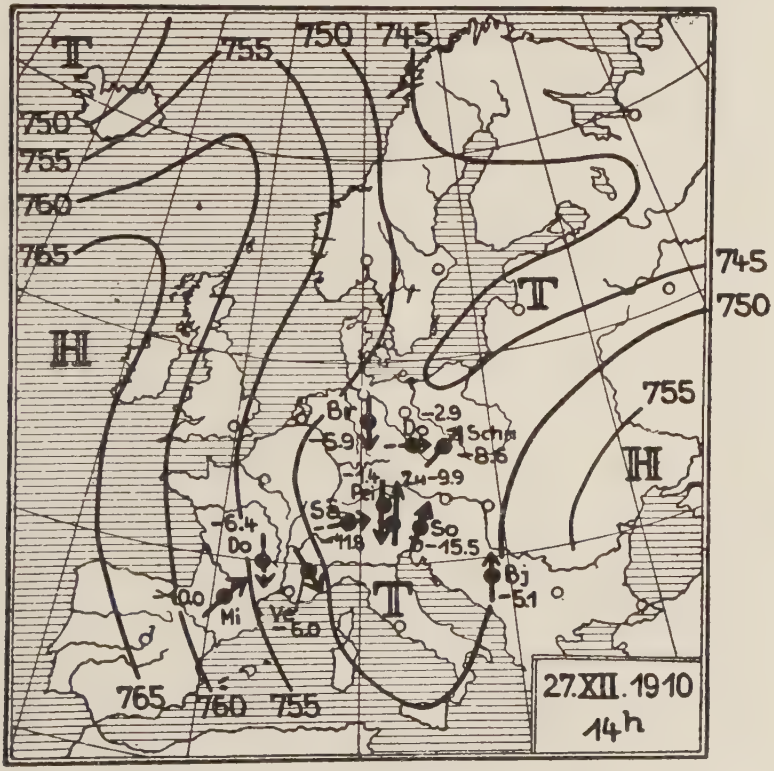
[25]) No. 25.

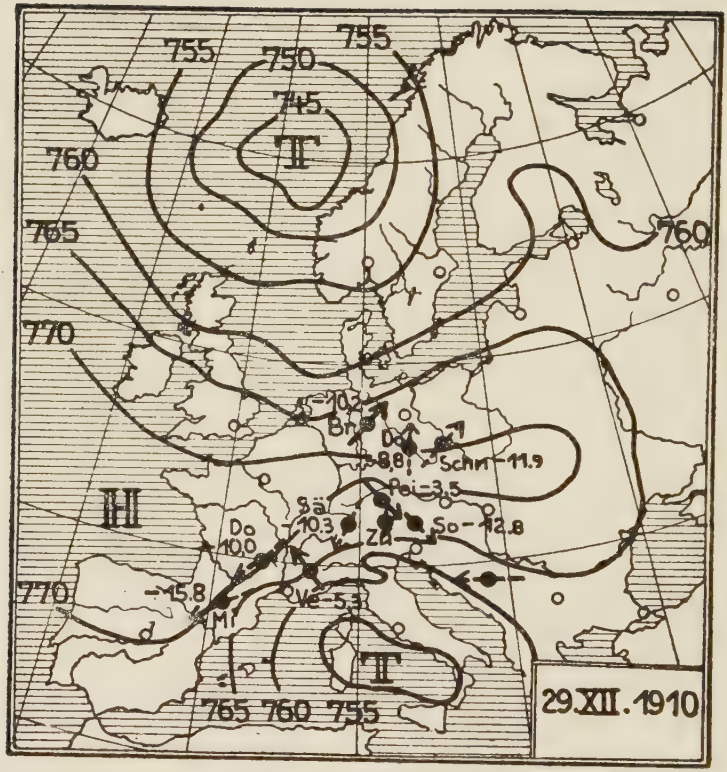
Jan.	Febr.	Mrz.	Apr.	Nov.	Dez.
—9,5	—8,5	—5,9	—2,1	—1,4	—6,3

Aus dieser Darstellung erkennt man, daß der Berg mit zu denen gehört, die reich an Nebelfrostablagerungen sind und in der Tat weist er auch 88 Tage mit V im Jahr auf. Die dabei herrschenden Winde sind in der Hauptsache der S und der N bei einer Stärke von 3 bis 4 B. Die oben angegebenen Temperaturen entsprechen ziemlich denen bei den V-Bildungen.

Der niedrigste der drei französischen Berge ist der Puy-de-Dome mit 1467 m. An 33 Tagen im Jahr bildet er Rauhfrost bei Winden aus Richtungen wie SW, NW und NE.

Der 1900 m hohe Mont-Ventoux in den Westalpen hat dagegen 44 jährliche Ablagerungen zu verzeichnen bei Winden aus SE, NW und N mit einer durchschnittlichen Stärke von 3—5 B.



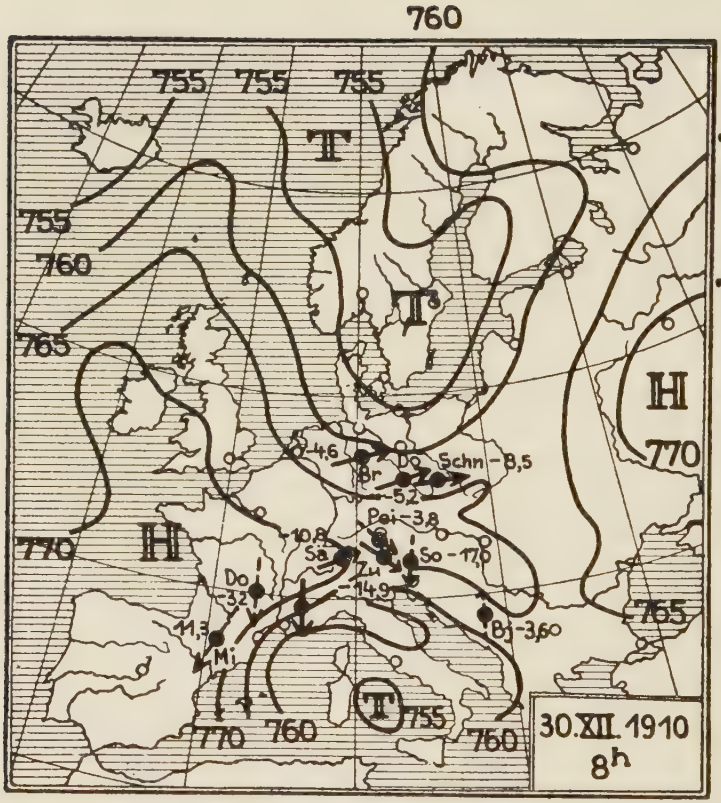


Der Pic-du-Midi in den Pyrenäen erreicht mit 2859 m fast die Höhe der Zugspitze. Wegen seiner nahen Lage zum Meer ist die Zahl der Ablagerungen groß, sie beträgt nämlich 116 bei SW, W und NE-Winden.

Im folgenden stellte ich nun Wetterlagen für solche Tage heraus, an denen auf allen Bergen gleichzeitig Rauhfrost entstand. Ferner untersuchte ich, ob die Nebelfrostablagerungen auf den elf Bergen alle im Zusammenhang mit einem Aktionszentrum stehen. Die gefundenen Tage lagen in der Zeit vom 27.—30. Dezember 1910. Am 27. 12. (14 Uhr) ist nun die Wetterlage folgende: eine Tiefdruckrinne durchzieht Mitteleuropa von Finnland bis nach Italien, während im Westen hoher Druck vor dem Kontinent liegt. An diesem Tage haben alle Berge mit Ausnahme von Donnersberg, Säntis und Puy-de-Dome Ablagerungen. Die eingezeichneten Windpfeile passen sich sehr gut dem Schema der Druckverteilung an. Die gestrichelten sind die allgemeinen Winde

ohne V-Ablagerungen. An diesem Tage ist also deutlich zu sehen, wie das Wettergeschehen auf den elf Bergen von einem Störungsgebiet aus bestimmt wird. Am nächsten Tag nun hat sich das Minimum über Finnland verflacht, das italienische dagegen vertieft sich. Der hohe Druck von Westen dringt mächtig gegen Mitteleuropa vor. Starke nördliche Winde wehen in Deutschland und über den Alpen. Die Temperaturen liegen um den Gefrierpunkt. An diesem Tage haben wiederum sieben Berge Ablagerungen bei meistenteils Winden mit nördlicher Komponente. Es handelt sich um die drei französischen, den Brocken, die Schneekoppe, die Zugspitze und den Sonnblick. Am 29. 12. ist das Hochdruckgebiet bis über Mitteleuropa vorgedrungen und teilt somit das Minimum im Norden (Kern 745 mm vor der Norwegischen Küste) von dem über dem westlichen Mittelmeer (750 mm). Auf den drei nördlichen Bergen wehen S- bis SW-Winde, auf den Alpenbergen Winde mit nördlicher Komponente, in Südfrankreich NE-Winde und auf der Bjelašnica der Druckverteilung entsprechend E-Winde. Am 30. 12., dem letzten dieser Tage, ist die Depression von Skandinavien nach Süden gewandert und umfaßt den ganzen Norden Deutschlands, während sich das Tief über Italien hält. Die Antizyklone ist wieder nach Westen zurückgegangen und über Zentralrußland hat sich eine zweite ausgedehnte gebildet. Auf sechs Bergen tritt Rauhfrost auf und zwar auf dem Brocken (WSW 7, —4,6°), der Schneekoppe (W 6, —8,5°), dem Donnersberg (WSW 3, —5,2°), der Zugspitze (NW 6, —14,9°), dem Säntis (WSW 2, —10,8°) und dem Mont-Ventoux (N 5, —8,5°). Auch die übrigen fügen sich sehr gut mit Windrichtung, Stärke und Temperatur in das System der Aktionszentren ein. Für die drei nördlichen Berge ist das Tief über Skandinavien ausschlaggebend, für die übrigen das südliche. Der Urheber des Wettergeschehens für die Vorgänge auf den elf Bergen ist aber das Hoch mit seinem Ausläufer über Mitteleuropa, das nämlich die feuchten, ozeanischen Luftmassen aus dem Westen den Bergen zuführt mit Ausnahme der Bjelašnica, auf der südliche Winde vom Mittelmeer wehen.

Dies Beispiel hat also gezeigt, daß die elf Bergstationen zur Zeit der Nebelfrostablagerungen von einem Druckgebiet beeinflußt werden. Dasselbe liegt über Italien und dem Mittelmeer und wird aus dem Hochdruckgebiet über dem Atlantik mit seinem Ausläufer über Mitteleuropa gespeist. Ferner zeigt sich, daß gerade immer die Berge Ablagerungen aufweisen, die dem Tief am nächsten liegen. Besonders gut erkennt man das an der Wetterkarte vom 30. 12. Die drei nördlichen Berge, unweit der Depression über Südschweden gelegen, haben morgens um 8 Uhr bei W-Winden ziemlicher Stärke Nebelfrostablagerungen. Im Süden sind es der



Mont-Ventoux, Säntis und die Zugspitze, die dem Tief über dem Mittelmeer am nächsten liegen und Rauhfrost ablagern. Auch der 29. 12. zeigt dasselbe Bild. Der Brocken hat als nördlichste Station zweifellos die kürzeste Entfernung vom Kern des Tiefs vor der norwegischen Küste und infolgedessen Ablagerungen. Im Süden liegen der Mont-Ventoux und der Peißenberg der Mittelmeerdepression am nächsten.

Der Versuch, die Ablagerungen auf allen elf Bergen in Abhängigkeit von den Wetterlagen zu bringen, ist befriedigend und hat gezeigt, daß sie nicht willkürlich entstehen, sondern nur im Zusammenhang mit den vorherrschenden Hoch- und Tiefdruckgebieten.

VII. Zunahme der Rauhfrosttage mit der Höhe.

Als Abschluß der Arbeit versuche ich, eine Aussage Hellmanns in Bezug auf eine fast gesetzmäßige Zunahme der Rauh-

frosttage im Jahre zu vervollständigen, bzw. zu widerlegen. Er behauptete nämlich, wie C. Kaßner[26]) 1925 mitteilte, daß „der Einfluß der mit der Höhe abnehmenden Temperatur sich deutlich in folgenden Jahreszahlen zeige. Trägt man die Höhen- und Häufigkeitswerte rechtwinklig auf und legt eine mittlere Gerade durch die Schnittpunkte, so sieht man, daß ungefähr mit 100 m Erhebung die Zahl der Rauhreiftage um ca. 10 zunimmt." Als Beleg für diese Behauptung führt er in folgender Tabelle 22 verschieden hoch gelegene Stationen mit ihren jährlichen Rauhreiftagen an:

Tabelle 22.

Ort	Höhe in m	Rauhreiftage i. J.
Potsdam	80	7
Gr. Winterberg	553	68
Inselsberg	914	88
Brocken	1142	137
Fichtelberg	1213	140
Schneekoppe	1603	146

Wie die untenstehende Figur 40 zeigt, fügen sich diese Werte nach seiner Aussage sehr gut in die Gesetzmäßigkeit ein. Verhält es sich nun wirklich mit allen Bergen so, oder tritt von einer bestimmten Höhe an eine rückläufige Bewegung ein? Die Bedingungen sind ja für große Höhen günstiger, da die Temperatur tiefere Werte entsprechend der Höhenlage und der Wind größere Stärken annimmt. Die elf Berge nun liegen zwischen dem Niveau von 800 bis zu 3000 m Höhe und müßten somit eine brauchbare Vervollständigung der von Hellmann gegebenen Behauptung sein. Dies trifft nun aber nicht ein, sondern wir erhalten Werte, die gänzlich von der gezeichneten Geraden abweichen und die in Tabelle 23 wiedergegeben sind.

Tabelle 23.

Berg	Höhe	Zahl d. V-Tage
Donnersberg	840	31
Peißenberg	994	13
Brocken	1142	128
Puy-de-Dome	1467	33
Schneekoppe	1603	151

[26]) No. 22.

Berg	Höhe	Zahl d. V-Tage
Mont-Ventoux	1900	44
Bjelašnica	2067	88
Säntis	2500	60
Pic-du-Midi	2859	116
Zugspitze	2964	145
Sonnblick	3106	27

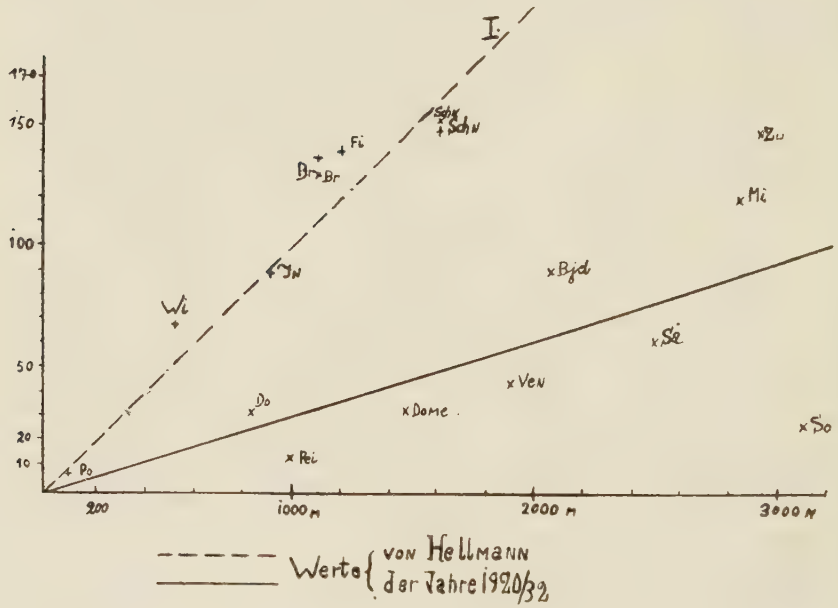


Fig. 40.

Die einzigen Werte, die sich dem Kurvenverlauf gut anpassen, sind die für Brocken und Schneekoppe, alle anderen fallen heraus. Auch für diese kann man eine Gerade ziehen, die im Mittel für je 300 m Höhe 10 Tage mit Nebelfrost angibt. Stark weichen von diesem Kurvenzug wiederum der Sonnblick mit nur 27, die Zugspitze mit 145, der Pic-du-Midi mit 116 und die Bjelašnica mit 88 Tagen ab. Der für den Peißenberg relativ kleine Wert mit 13 Tagen, der leicht anzuzweifeln war, weicht nur wenig von der Geraden ab. Die 1. Kurve gilt nur für Gegenden, die den Zugbahnen der Depressionen, wie sie für Ablagerungen auf dem Brocken und der Schneekoppe von Bedeutung sind, naheliegen. Die 6 angegebenen Orte erfüllen diese Bedingung. Daher fügen

sich Brocken und Schneekoppe für die Jahre 1920—1932 auch gut ein. Der Donnersberg nun, dessen Windrichtungen von denen der Koppe erheblich abweichen, kann nicht mehr zu diesem System gerechnet werden. Alle anderen Berge südlich der ersten Gruppe sind von Depressionen abhängig, die mehr oder weniger mitbestimmend für die V-Ablagerungen sind. Die große Höhe der Alpenberge wirkt sich eher nachteilig als begünstigend für die V-Bildungen aus, wie vorher gezeigt wurde.

Jeder Berg gibt also in der Dauer und der Stärke der V-Ablagerungen indirekt ein Maß für die Wirksamkeit und Zahl der über ihn hinweggegangenen Zyklonen an. Die besten Belege für diese Behauptung geben wiederum die oben eingehend besprochenen norddeutschen Berge Brocken und Schneekoppe.

Literaturverzeichnis.

1. F. Albrecht: Rauhreifbeobachtungen auf dem Sonnblick. Mitt. d. Sonnblick-Vereins 1926.
2. R. Aßmann: Drachen im Rauhreif. Wetter 1904.
3. R. Aßmann: Meteorologische Station auf dem Brocken. Wetter 1895.
4. — Mikroskopische Beobachtungen der Reif-, Rauhreif- und Schneestruktur. Met. Zeitschrift 1889, S. 339.
5. — Über die Notwendigkeit der Errichtung einer Station erster Ordnung auf dem Brocken. Wetter 1892.
6. — Vom Brocken. Wetter 1885.
7. A. Buchan: Meteorology of Ben Nevis. Journal of the Scottish Met. Soc. Vol. IX.
8. — Klima der Schneekoppe. Met. Zeitschr. 1900, S. 419.
9. Bührer: Rauhfrost. Met. Zeitschr. 1893, S. 240.
10. Giere: Stürme auf dem Brocken. Met. Zeitschr. 1932.
11. J. Hann: Klima des Sonnblick-Gipfels. Mitt. d. Sonnblick-Vereins. 1892.
12. — Meteorologie des Ben Nevis. Met. Zeitschr. 1892.
13. G. Hellmann: Die Verbreitung der Hydrometeore auf der Erde. Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. 1925.
14. — Klima des Brockens, Ztschr. f. Wissenschaftl. Geographie, 1882. S. 5 u. S. 60.
15. — System der Hydrometeore, Abh. des Preuß. Meteorologischen Instituts V, 2, 1915.
16. — Windgeschwindigkeiten auf der Schneekoppe. Preuß. Tätigkeitsbericht 1916.
17. Hertzer: Bewölkung des Brockens. Schrift des Naturwissenschaftlichen Vereins des Harzes. 1889.
18. — Bewölkung des Brockens. Met. Zeitschr. 1892.
19. Hrudika: Messung von Nebelfrostablagerungen. Wetter 1934.
20. A. Huber: Klima der Zugspitze. Bayr. Jahrb. 1912/13.
21. O. V. Johannson: Zur Definition des Rauhfrostes. Met. Zeitschr. 1905, S. 27.
22. C. Kaßner: Rauhreif und Glatteis. Met. Zeitschr. 1925.
23. — Temperaturen auf der Schneekoppe. Met. Zeitschr. 1900.
24. — Temperaturen auf dem Brocken. Met. Zeitschr. 1906.
25. — Vom Äolosturm zur Bjelašnica. Wetter 1904.
26. Hilding Köhler: Studien über die Nebelfrostablagerungen auf dem Partetjåkko. Naturwiss. Untersuchungen des Sarek-Gebirges in Schwed. Lappland.

27. Lommel: Wind und Wetter. München 1873, S. 60.
28. Mohr: Eisregen und Rauhfrost. Poggendorfs Ann. 1864, S. 637.
29. R. C. Moßmann: Silberthaw at the Ben Nevis observatory. Journal of the Scottish Met. Soc. Vol. IX.
30. W. Peppler: Reif- und Eisbildung der freien Atmosphäre. Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. 1921, S. 38—50.
31. J. M. Pernter: Bericht der Meteorologischen Konferenz in Innsbruck 1905, S. 83 ff.
32. Reimann: Wirkungen des Rauhfrostes. Met. Zeitschr. 1880.
33. A. Röstad: Verwendung von Nebelfrostablagerungen zur Zeichnung von Strömungslinien. Geofysiske Publikationer vol. III.
34. M. Sassenfeld: Die Bewölkung der Schneekoppe. Met. Zeitschr. 1903, S. 444.
35. Schindler: Rauhfrost von ungewöhnlicher Größe. Met. Zeitschr. 1897, S. 68.
36. A. Schmauß: Die gleichzeitigen Windverhältnisse auf dem Hohenpeißenberg und der Zugspitze. Bayr. Jahrb. 1909.
37. Schmid: Grundriß der Meteorologie, S. 206.
38. A. Schönrock: Zur Frage der Definition von Rauhfrost und Glatteis. Wilds Repertorium der Meteorologie. Bd. 11, 1888.
39. — Zur Frage über die Definition von Rauhfrost. Met. Zeitschr. 1888.
40. R. H. Scott: Instructions in the use of meteorological instruments. London 1885.
41. R. Süring: Beobachtungen auf dem Brockengipfel. Met. Zeitschr. 1895, S. 60.
42. Wilhelm: Rauhreif. Met. Zeitschr. 1867.

Lebenslauf.

Am 6. Mai 1911 wurde ich, Heinz Prestin, als Sohn des Lehrers August Prestin und seiner Ehefrau Meta, geb. Heiden zu Schwerin i. M. geboren. Dort trat ich nach dreijährigem Grundschulbesuch in die Sexta des Realgymnasiums ein und legte Ostern 1931 meine Reifeprüfung ab.

Hiernach wandte ich mich dem Studium der Meteorologie, Geophysik, Mathematik, Physik und Philosophie zu und studierte an den Universitäten Rostock (S. S. 1931), München (W. S. 1931/2 bis W. S. 1932/3), der Technischen Hochschule Darmstadt (S. S. 1933) und ab W. S. 1933/34 an der Universität Berlin. Hier bestand ich am 6. Juni 1935 meine philosophische Dr.-Prüfung.

Meine Lehrer waren in der Hauptsache die Herren Professoren: Bartels, Bieberbach, Defant, Emden, Falckenberg, von Fikker, Füchtbauer, Geiger, Georgii, Gerlach, Henning, Huber, Kähler, Knoch, Köhler, Kölzer, König, Meier, Pauli, Perron, Rau, Rieffert, Robitzsch, Schmauß, Thomsen, Tietze und Walther.

Zu besonderem Dank bin ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. v. Ficker, sowie Herrn Dr. H. Ertel verpflichtet für die Überlassung der Arbeit und ihre wertvollen Ratschläge, mit denen sie mich auf Grund ihrer reichen Erfahrungen unterstützt haben.